



**INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO**

Carlos Miguel Fonseca Cardoso

Avaliação do Potencial Produtivo de Mel
Cartografia com recurso a Sistemas de Informação Geográfica

Nome do Curso de Mestrado
Gestão Ambiental e Ordenamento do Território

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Joaquim Mamede Alonso

Dezembro de 2012

As doutrinas
expressas
neste trabalho
são da exclusiva
responsabilidade
do autor.

Índice

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	A HISTÓRIA, IMPORTÂNCIA E AS CONDIÇÕES PARA A APICULTURA	2
2.1.	A Apicultura.....	2
2.2.	O Enxame.....	5
2.3.	Alimentação da Abelha de Mel.....	15
2.4.	Mecanismos de Regulação	29
2.5.	Área de Pastoreio	34
2.6.	Polinização – Serviço de Ecossistema	37
2.7.	Ameaças à Apicultura	42
2.8.	Capacidade Adaptativa.....	48
3.	METODOLOGIA	53
3.1.	A Modelação do Potencial de Produção de Mel	54
3.2.	As Bases de Dados e o Software.....	57
3.3.	Áreas de Exclusão	57
3.4.	Processo Analítico Hierárquico.....	58
4.	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS	60
4.1.	O concelho de Ponte de Lima	60
4.2.	Cartografia dos Fatores	61
4.3.	O Potencial Produtivo de Mel no concelho de Ponte de Lima	68
4.4.	Modelação do Potencial Produtivo no concelho de Ponte de Lima.....	76
5.	CONCLUSÕES	82
	BIBLIOGRAFIA	85

RESUMO

Os fatores que influenciam a produção de mel, apesar de se conhecerem, estão ainda pouco estudados, particularmente na mensurabilidade de cada um e nas suas interações. O objetivo deste estudo é desenvolver, com base em Sistemas de Informação Geográfica, uma metodologia com fundamentação técnica para identificar áreas com diferentes potenciais para produção de mel.

Este estudo foi realizado para o concelho de Ponte de Lima utilizando dados primários disponíveis. O primeiro passo foi identificar os fatores importantes responsáveis pelo bem-estar e desenvolvimento dos enxames, que têm uma relação direta com os níveis de produção de mel. Seguidamente, e com a elaboração de uma escala de potencial produtivo adequada, atribuíram-se às diferentes condicionantes de cada fator, níveis diferentes da escala supracitada, estabelecendo-se assim termos de diferenciação. Usando o Processo Analítico Hierárquico, calcularam-se valores de ponderação para cada fator, indicativos da sua importância e influência para o cálculo do Potencial Produtivo de Mel na área em estudo.

Com a envolvimento e a generalização dos fatores na metodologia foi possível obter uma cartografia, onde se distinguem e classificam diferentes áreas da zona em estudo de acordo com o seu Potencial Produtivo de Mel (muito elevado, elevado, razoável e fraco). Devido a impedimentos legais e/ou geofísicos, em quase metade do concelho é interdito produzir mel. Mas apesar disto, a restante área apresenta maioritariamente Potenciais Produtivos de Mel Muito Elevados e Elevados.

Algumas áreas poderão estar sobrevalorizadas, devido à sua proximidade com áreas de exclusão ou com áreas de menor potencial, uma vez que a abelha recolhe néctar numa área circular, onde a colmeia está no centro. Os resultados obtidos refletem a importância que a flora melífera tem no potencial produtivo, uma vez que o mel é resultado direto da transformação de néctar.

Palavras-chave: *Apicultura, Ecossistema, Zonagem, Dados Geográficos, Modelação.*

ABSTRACT

Although, the factors that influence honey production, are known, they are still poorly studied, particularly in the measurability of each one and their interactions. The aim of this study is to develop, based on Geographic Information Systems, a methodology with technical basis to identify areas with different honey production potential.

This study was conducted for the municipality of Ponte de Lima using primary data available. The first step was to identify the factors responsible for the welfare and development of swarms, which have a direct relationship with honey production levels. Afterwards, and with the development of an appropriate productive potential scale, it was attributed to each factor different requirements, different scale levels were then designated to those requirements. Using the Analytical Hierarchical Process, weight values were calculated for each factor, indicative of their importance and influence for the honey productive potential calculation in the study area.

With the incorporation and generalization of the factors in the methodology it was possible to obtain a cartography, where distinguished and classified areas could be determinate, under the study zone, according to their honey productivity potential of (very high, high, reasonable and weak). Due to legal impediments and/or geophysics in almost half of the study area, people can't produce honey. But despite this, the remaining area features mostly Honey Productive Potential very high and high.

Some areas may be overvalued, due to their, exclusion areas or lower potential areas proximity, because honeybee collects nectar in a circular area surrounding the hive at its center. The results reflect the floral nectar availability importance in honey productive potential, since honey is a direct result of nectar transformation.

Keywords: *Bee-keeping, Ecosystem, Zoning, Geophyc Data, Dynamics, Modeling.*

LISTA DE QUADROS

QUADRO 2.1 - CLASSIFICAÇÃO TAXONÓMICA DA ABELHA DE MEL.....	9
QUADRO 3.1 - ESCALA DE PRIORIZAÇÃO PARA AS COMPARAÇÕES PAR-A-PAR	58
QUADRO 4.1 - ZONAS CLIMÁTICAS EXISTENTES NO CONCELHO DE PONTE DE LIMATIVO DE MEL .	60
QUADRO 4.2 - VARIÁVEIS SELECIONADAS E CONVERSÃO DAS CONDICIONANTES NOS DIFERENTES NÍVEIS DE POTENCIAL PRODUTIVO DE MEL.....	60
QUADRO 4.3 - COMPARAÇÕES DAS VARIÁVEIS EM ESTUDO.....	76
QUADRO 4.4 - FINALIZAÇÃO DO QUADRO COM AS COMPARAÇÕES RECÍPROCAS.....	77
QUADRO 4.5 - RESULTADOS DAS PONDERAÇÕES.....	78
QUADRO 4.6 - PONDERAÇÕES PARA CÁLCULO DO VALOR DO PÍXEL X.	78
QUADRO 4.7-- CLASSES DE NÍVEIS DE POTENCIAL PRODUTIVO DE MEL.....	77
QUADRO 4.8 - ÁREA DOS DIFERENTES NÍVEIS DE POTENCIAL PRODUTIVO DE MEL.....	79

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 - ILUSTRAÇÃO MAIS ANTIGA RETRATANDO A APICULTURA, DE 2400 A.C., ENCONTRADA EM ABU GHURAB, EGITO.....	2
FIGURA 2.2 - COLMEIA DE BARRO DA GRÉCIA ANTIGA..	3
FIGURA 2.3 - PINTURA NUMA CAVERNA ESPANHOLA DATADA COM 6.000 ANOS A.C..	3
FIGURA 2.4 – APIÁRIO LOCALIZADO NUM POMAR..	4
FIGURA 2.5 - NINHO DE UM ENXAME DE ABELHA DE MEL QUE NÃO ENCONTROU UMA CAVIDADE PROTETORA.....	5
FIGURA 2.6 - AS TRÊS CLASSES DE ABELHAS DE MEL, VISTAS DE CIMA.	6
FIGURA 2.7 - AS TRÊS CLASSES DE ABELHAS DE MEL, VISTAS DE PERFIL.	6
FIGURA 2.8 - DURAÇÃO EM DIAS, DOS ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO DAS ABELHAS DE MEL. ...	8
FIGURA 2.9 - ABELHA OBREIRA EM TAREFA DE PASTOREIO.	9
FIGURA 2.10 - PORMENOR DAS LARVAS, NAS SUAS POSIÇÕES CARACTERÍSTICAS NO INTERIOR DAS CÉLULAS, SENDO TRATADAS PELAS OBREIRAS.	10
FIGURA 2.11 - OVOS DEPOSITADOS NO FUNDO DAS CÉLULAS.	11
FIGURA 2.12 - O SUCESSO DA EMERGÊNCIA DE UMA RAINHA É INDICADO PELO PERÍMETRO NA ABERTURA DA CÉLULA FEITO PELA RAINHA PARA A ECLOSÃO.	13
FIGURA 2.13 - O ZANGÃO (AO CENTRO) TEM OLHOS GRANDES QUE LHE PERMITEM IDENTIFICAR A RAINHA VIRGEM NO CÉU PARA O VÔO DE ACASALAMENTO.	14
FIGURA 2.14 - A ABELHA DE MEL CONSEGUE TRANSPORTAR E TORNAR A PROPÓLIS NUM MATERIAL SUFICIENTEMENTE MALEÁVEL PARA SER USADA COMO VEDANTE NAS REPARAÇÕES DA COLMEIA.	15
FIGURA 2.15 - PORMENOR DA ARMADURA BOCAL DA ABELHA DE MEL.	19
FIGURA 2.16 - PÊLOS QUE SERVEM COMO ESCOVAS NA COLETA DE PÓLEN.	21
FIGURA 2.17 - EXEMPLOS DE VARIEDADES DE PÓLEN COM DIFERENTES CORES DEVIDO À PROVENIÊNCIA DE DIFERENTES FLORES.	22
FIGURA 2.18 - PÓLEN COM ORIGEM EM PLANTAS DIFERENTES ARMAZENADO EM CÉLULAS DO FAVO.	22
FIGURA 2.19 - PORMENORES DA ANATOMIA DA ABELHA DE MEL..	23
FIGURA 2.20 - DISPOSIÇÃO DAS CÉLULAS DO FAVO DE MEL.....	24
FIGURA 2.21 - CÉLULAS DO FAVO COM NÉCTAR RECENTEMENTE RECOLHIDO (MAIS BRILHANTES) ALTERNADAS COM CÉLULAS CHEIAS DE PÓLEN.	26
FIGURA 2.22 - CERA PRODUZIDA POR GLÂNDULAS NO ABDÓMEN DA ABELHA DE MEL.	27
FIGURA 2.23 - UMA DAS DANÇAS EXECUTADAS PELAS ABELHAS DE MEL PARA COMUNICAR	28
FIGURA 2.24 - EM CIMA: ABELHAS DE MEL NO FAVO QUANDO A TEMPERATURA AMBIENTE É DE 28°C, EM BAIXO: AS MESMAS ABELHAS A 13°C.	30

FIGURA 2.25 - SOBREVIVER A INVERNOS RIGOROSOS É UM DESAFIO QUE AS ABELHAS DO MEL SUPERAM COM A SUA CAPACIDADE DE REGULAÇÃO DA TEMPERATURA NO INTERIOR DA COLÓNIA.	32
FIGURA 2.26 - ABELHA DE MEL EM TAREFAS DE PASTOREIO E CONSEQUENTE POLINIZAÇÃO.....	39
FIGURA 2.27 - FORMAS DE TRANSMISSÃO DE DOENÇAS NAS ABELHAS DE MEL.	45
FIGURA 2.28 - ÁCAROS VARROA EM LARVAS DE ABELHA DE MEL. ERRO! MARCADOR NÃO DEFINIDO.	46
FIGURA 2.29 - ÁCARO VARROA NUMA OBREIRA DE ABELHA DE MEL.	46
FIGURA 2.30 - POTENCIAIS BENEFÍCIOS DECORRENTES DA MELHORIA DO HABITAT DA ABELHA DE MEL.	48
FIGURA 4.1 – ZONAS DE EXCLUSÃO EXISTENTES NO CONCELHO DE PONTE DE LIMA.....	61
FIGURA 4.2 - ZONAS CLIMÁTICAS EXISTENTES NO CONCELHO DE PONTE DE LIMA.	62
FIGURA 4.3 - EXPOSIÇÕES EXISTENTES NO CONCELHO DE PONTE DE LIMA	63
FIGURA 4.4 - DECLIVES EXISTENTES NO CONCELHO DE PONTE DE LIMA.	64
FIGURA 4.5 – DIAS DE GEADA ANUAIS EXISTENTES NO CONCELHO DE PONTE DE LIMA.	65
FIGURA 4.6 - OCUPAÇÕES DO SOLO EXISTENTES NO CONCELHO DE PONTE DE LIMA.	66
FIGURA 4.7 - RISCOS DE INCÊNDIO EXISTENTES NO CONCELHO DE PONTE DE LIMA.	67
FIGURA 4.8 - CONVERSÃO DAS ZONAS CLIMÁTICAS EM CLASSES DE POTENCIAL PRODUTIVO DE MEL	70
FIGURA 4.9 - CONVERSÃO DAS EXPOSIÇÕES EM CLASSES DE POTENCIAL PRODUTIVO DE MEL.	71
FIGURA 4.10 - CONVERSÃO DOS DECLIVES EM CLASSES DE POTENCIAL PRODUTIVO DE MEL.	72
FIGURA 4.11 - CONVERSÃO DOS DIAS DE GEADA ANUAIS EM CLASSES DE POTENCIAL PRODUTIVO DE MEL	73
FIGURA 4.12 - CONVERSÃO DAS OCUPAÇÕES DO SOLO EM CLASSES DE POTENCIAL PRODUTIVO DE MEL	74
FIGURA 4.13 - CONVERSÃO DOS RISCOS DE INCÊNDIO EM CLASSES DE POTENCIAL PRODUTIVO DE MEL.	75
FIGURA 4.14 – CLASSIFICAÇÃO DAS ZONAS COM APTIDÃO PARA PRODUÇÃO DE MEL DE ACORDO COM A ESCALA DE POTENCIAL PRODUTIVO DE MEL.....	80

1. INTRODUÇÃO

A presente tese, descreve e justifica a pesquisa e subsequente proposta metodológica, necessárias para obtenção do grau de Mestre no âmbito da realização do Mestrado em Gestão Ambiental e Ordenamento do Território ministrado pela Escola Superior Agrária de Ponte de Lima do Instituto Politécnico de Viana do Castelo.

Com a realização do presente estudo, pretende-se criar uma metodologia, que permita, de uma forma, bastante simples e transversal, avaliar e comparar, dentro de uma determinada região quais as áreas que, potencialmente, terão uma maior disponibilidade e capacidade ecológica para albergar enxames, que, por sua vez serão influenciados, positiva ou negativamente, pelo meio, nos seus índices de produção de mel. Assim o objectivo será referenciar e classificar as áreas, de acordo com uma escala de potencial produtivo, que dentro de uma determinada zona em estudo, serão mais propícias para a instalação de colmeias para produção de mel.

Esta avaliação de potencial produtivo de mel, apenas incide sobre o potencial quantitativo de produção, ficando o potencial qualitativo fora do âmbito do presente estudo. Pretende-se efetuar um estudo, que poderá servir de modelo noutros casos, para aferir de uma forma bastante simples e de fácil interpretação, acerca do potencial produtivo de mel de uma determinada área, onde se pretenda instalar um apiário. O fator mais importante, que entra na equação da produção de mel, não foi alvo de abordagem neste estudo, pois não é passível de ser mensurável, este fator é o trabalho do apicultor e o maneio que este utiliza nas suas colónias de abelhas. Outro factor não referenciado e ponderado, mas que também tem o seu peso relativo na temática em estudo é a diferente capacidade produtiva de mel de diferentes raças de abelha de mel.

É também pretensão deste estudo retratar alguns aspectos particulares da abelha de mel e da contextualização dos indivíduos dentro de uma sociedade: o enxame, de forma a facilitar a compreensão de determinadas dinâmicas que ocorrem no interior das colmeias. Para facilitar a compreensão, ao longo do presente estudo, irão designar-se as abelhas *Apis mellifera* L., criadas e manuseadas pelo Homem na atividade apícola como abelhas de mel.

2. A HISTÓRIA, IMPORTÂNCIA E AS CONDIÇÕES PARA A APICULTURA

2.1.A Apicultura

Resenha Histórica

As abelhas de mel europeias, *Apis mellifera* L., são as abelhas mais comumente criadas no mundo. É uma espécie altamente adaptável, e tem origem numa área nativa que se estendia desde as regiões meridionais da Escandinávia para a Ásia Central e em toda a África (Seeley, 1985; Ruttner, 1988; Sheppard e Meixner, 2003), nas figuras 2.1 e 2.2 podemos observar duas evidências de que a criação de abelhas de mel pelo homem, remonta há milhares de anos, e que já há mais de 7.000 anos se recolhia mel de enxames de abelhas de mel selvagens (figura 2.3).

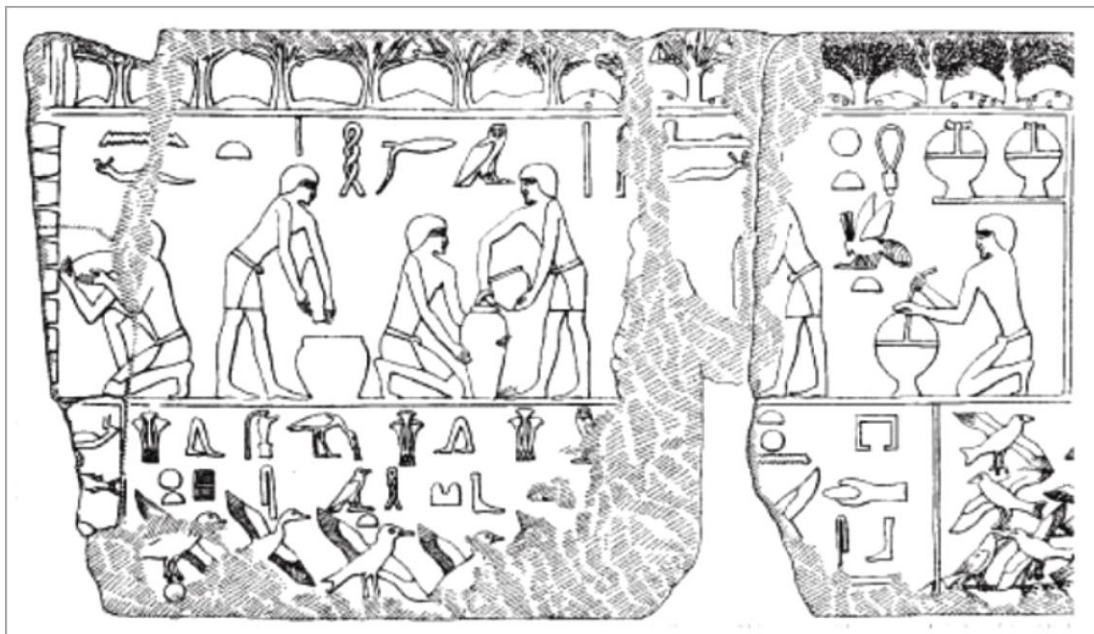


Figura 2.1 - Ilustração mais antiga retratando a apicultura, de 2400 A.C., encontrada em Abu Ghurab, Egito.

Fonte: Seeley, 2010.

Em contraste com a única espécie de abelha do mel, existem pelo menos 17 mil espécies de abelhas nativas e selvagens em todo o mundo (Michener, 2007; Winfree *et al.*, 2011).

Desde o século XVII, no entanto, as abelhas de mel criadas e geridas pelo Homem expandiram-se por quase todos os cantos habitáveis do globo. A maioria desta expansão foi o resultado do transporte humano deliberado (Crane, 1999; vanEngelsdorp e

Meixner, 2010). “Como o cão, a abelha (*Apis mellifera* L.) tinha acompanhado o homem na maioria das suas grandes migrações, e alguns dos primeiros colonizadores em cada parte do novo mundo tiveram colmeias de abelhas” (Crane, 1975; vanEngelsdorp e Meixner, 2010).

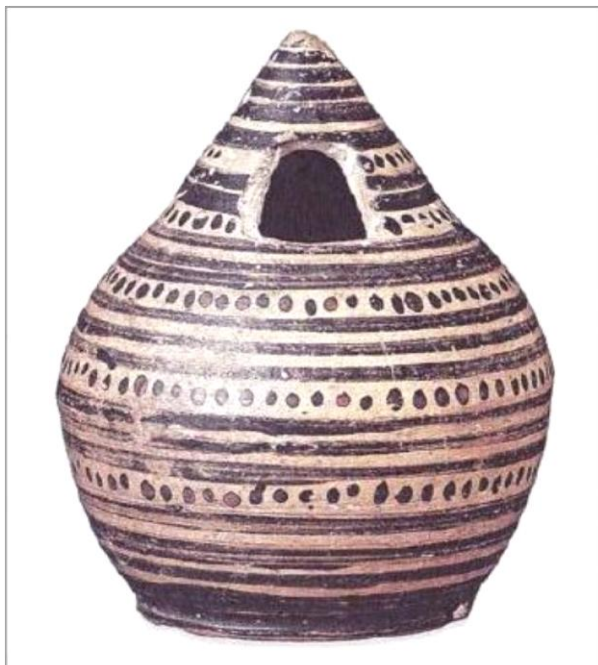


Figura 2.2 - Colmeia de barro da Grécia antiga.
Fonte: Peacock, 2008.



Figura 2.3 - Pintura numa caverna Espanhola datada com 6.000 anos A.C.
Fonte: Blackiston, 2009.

O Mel

O mel foi o único adoçante prontamente disponível para os povos da Europa até serem desenvolvidos métodos para o refinamento do açúcar de beterraba e de cana de açúcar (Voorhies *et al.*, 1933), este alimento é composto por hidratos de carbono (cerca de 79%), água (cerca de 17%) e por outros componentes (cerca de 4%), no qual se incluem minerais, vitaminas, ácidos orgânicos, proteínas, aminoácidos, alcalóides, fenóis e outros (White, 1992; Afik *et al.*, 2008). O mel continua a ser um importante bem do comércio internacional com uma produção global estimada em 1,07 milhões de toneladas em 2007, um aumento de 58% de produção desde 1961 (FAO, 2009).

A abundância e a grande variedade de flora, num determinado país, originam sempre muitos tipos de mel que se distinguem com relativa facilidade não somente pelas suas características físicas (coloração nos estados líquido e solido, consistência e forma de cristalização), sabor e aroma. Esta é a razão porque os vários tipos de mel se distinguem

uns dos outros pelos nomes das flores de que derivam. Por outro lado, a proveniência é reconhecida com facilidade com base num exame microscópico dos grãos de pólen, que se encontram sempre nos sedimentos que o mel deixa na centrífugadora (Recordati, 1976).

O Apiário

Denomina-se apiário o local onde se encontram reunidas uma ou mais colmeias (ilustrado na figura seguinte), lugar que se deve escolher tendo em conta o raio de vôo das abelhas, os fatores abióticos e a disponibilidade de alimento do local. (Recordati, 1976; Murray *et al.*, 2009). Para que o apiário possa satisfazer as necessidades alimentares e fornecer, também, boas produções de mel, é necessário que as abelhas tenham à sua disposição abundantes fontes de néctar. Também se considera necessário que os mananciais nectaríferos estejam bem distribuídos ao longo do ano, o que assume maior interesse para a atividade dos enxames (Recordati, 1976).



Figura 2.4 – Apiário localizado num pomar.
Fonte: Gary, 2010.

Situação Global

A gestão de abelhas de mel, está profundamente enraizada na sociedade humana e a apicultura fornece aos apicultores o rendimento total ou suplementar no rendimento familiar. Há um mercado considerável para os produtos da abelha de mel que são utilizados como alimento e como aditivos para produtos farmacêuticos e médicos (Robin *et al.*, 2010).

O número total de colónias de abelhas derivadas da apicultura no mundo foi estimado em 72,6 milhões em 2007 (FAO, 2009). Isso representa um aumento de 64% do número total de colónias desde 1961. Embora seja evidente que as reservas globais de enxames de abelhas de mel têm aumentado nas últimas cinco décadas, nem todas as regiões seguem esta tendência. Nomeadamente, no período entre 1961 e 2007, esta diminuição de colónias foi de 26.5% na Europa e de 49.5% América do Norte, enquanto grandes aumentos foram registados na Ásia (426%), África (130%), América do Sul (86%) e Oceânia (39%) (FAO, 2009).

Na Europa, como referido no parágrafo anterior, a apicultura é uma indústria em declínio, e nas últimas décadas têm-se assistido a um aumento das perdas de enxames provenientes da atividade apícola (Potts *et al.*, 2010; Robin *et al.*, 2010) e assim a uma diminuição geral das atividades de apicultura (vanEngelsdorp e Meixner, 2009; Robin *et al.*, 2010). O número de colónias, na Europa, diminuiu de mais de 21 milhões em 1970 para cerca de 15,5 milhões em 2007 (FAO, 2009). Enquanto esta diminuição foi lenta e gradual antes de 1990, posteriormente, existiu uma queda muito mais acentuada.

Além e independente das populações de abelhas criadas, as colónias de abelhas (*Apis mellifera*) silvestres também estão em declínio (Kraus e Page, 1995; Moritz *et al.*, 2007; Jaffé *et al.*, 2009; Robin *et al.*, 2010). Quase certamente, que não só um fator na sua própria conta pode ser responsável por todas as perdas ou ganhos ao longo de um determinado período de tempo. Muitos factos podem ocorrer simultaneamente, e alguns influenciam-se mutuamente.

2.2.O Enxame

As abelhas só podem viver em grandes aglomerados (ver figura seguinte), que se chamam enxames ou colónias, as quais, abaixo de certo mínimo não sobrevivem e

acima de certo máximo dividem-se, originando novos enxames, fenómeno este designado por enxameação (Paixão, 1983).



Figura 2.5 - Ninho de um enxame de abelha de mel que não encontrou uma cavidade protetora.

Fonte: Seeley, 2010.

O que melhor define uma população de abelhas de mel está fundamentalmente ligada ao seu nível de organização social e ao potencial reprodutivo resultante de cada indivíduo (Crozier and Pamilo, 1996; Murray *et al.*, 2009). Os insetos que vivem numa sociedade caracterizam-se por uma divisão de tarefas muito sofisticada entre os membros da colónia (Robinson, 1992; Becher *et al.*, 2010). As abelhas de mel são insetos sociais e vivem em colónias, que consistem em duas gerações: uma rainha mãe e os seus sucessores, 20.000 a 60.000 obreiras e centenas de zangões (Chen *et al.*, 2006).

Mais detalhadamente: a colónia de abelhas de mel é formada por uma rainha, que é a mãe das restantes, e pelas abelhas operárias, em numero de cerca de 10.000, no inverno, e que podem chegar a cerca de 50.000 ou mais, no verão. Nesta estação este número pode incluir cerca de 200 a 1.000 zangões, ou machos, que são mortos, ou “obrigados” a abandonar a colmeia no fim do verão pelas operárias, de forma que, normalmente, a colónia não dispõe de zangões durante o inverno (Hooper, 1976). As figuras seguintes representam as três castas que se podem encontrar num enxame de abelhas de mel:

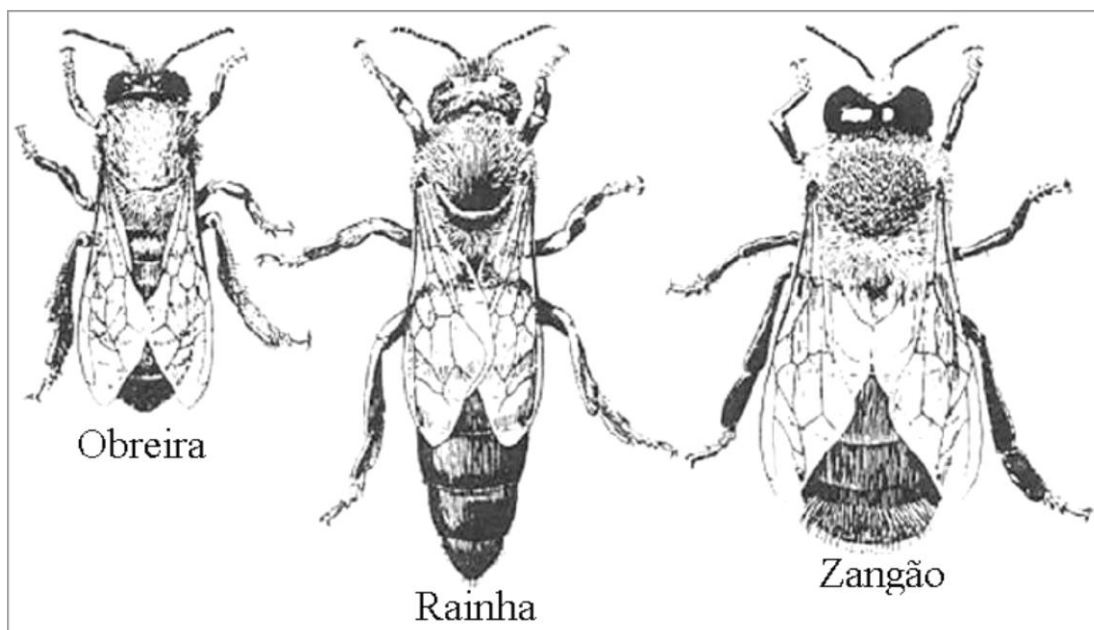


Figura 2.6 - As três classes de abelhas de mel, vistas de cima.
Fonte: Adaptado de Cramp, 2008.



Figura 2.7 - As três classes de abelhas de mel, vistas de perfil.
Fonte: Fnap, 2009.

É também conhecido, há já muitos anos, que as abelhas de mel atravessam uma série de estágios dentro da colmeia, durante os quais irão realizar várias tarefas que vão desde a limpeza e construção de favos, cuidado e alimentação das ninhadas e da rainha, guarda da colmeia e procura e coleta de alimento. Também é conhecido que, apesar da limpeza dos favos e o pastoreio serem tarefas das abelhas mais jovens e das mais velhas, respetivamente, as abelhas que se situam entre estas idades realizam outras tarefas diferentes e mudam frequentemente de uma tarefa para outra num curto espaço de tempo (Seeley, 1985; Tautz *et al.*, 2003).

Além destas abelhas adultas, a colónia contém um número variável de abelhas de mel em fases imaturas. Estas são constituídas por ovos, larvas (de cor branco pérola) e ninfas, o período de desenvolvimento do ovo até à fase adulta, é diferente consoante a classe (ver figura seguinte).

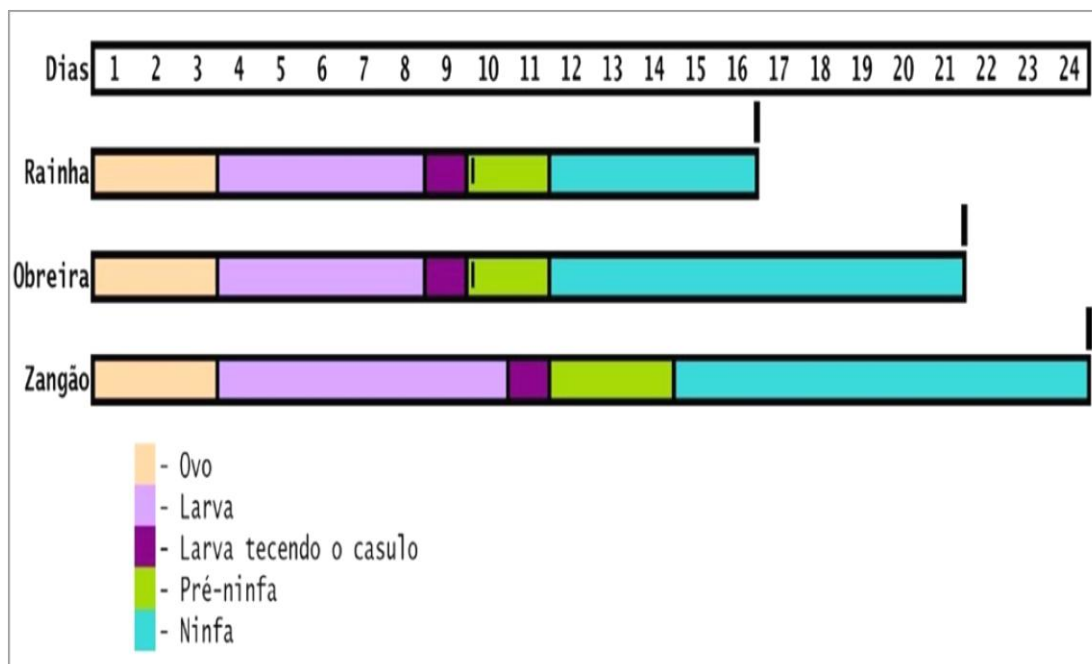


Figura 2.8 - Duração em dias, dos estágios de desenvolvimento das abelhas de mel.
 Fonte: Adaptado de Fnap, 2009.

O número destes espécimes imaturos varia consoante a época do ano (Paixão, 1983). Todas as abelhas imaturas estão alojadas nas células do favo de mel, cada uma numa célula separada, e neste estudo serão designadas coletivamente por criação e/ou ninhada.

O número de abelhas criados na colónia é o resultado da força da colónia, da fertilidade da rainha e da taxa de sobrevivência da ninhada, esta última está a ser afetada por mudanças nas condições genéticas e ambientais (Kruk e Skowronek, 2001).

A Abelha

A abelha de mel pode dividir-se em cerca de trinta subespécies e muitas mais variações híbridas. As subespécies poderão procriar entre si e dar origem a híbridos viáveis, que normalmente apresentam especificidades únicas ao nível da cor, forma e comportamento (Cramp, 2008; Blackiston, 2009).

Entre as subespécies mais importantes estão a *Apis mellifera carnica*, originária da Europa Central, muito dócil e bem adaptada a climas frios e a *Apis mellifera ligústica*, a abelha italiana, que raramente faz enxameações e é boa produtora de mel. A *Apis mellifera mellifera*, a abelha negra do Norte da Europa, também conhecida como abelha negra britânica, que foi devastada por doenças no início do século XX. A *Apis mellifera scutellata* é a abelha africana, que tem reputação de ser mais agressiva que as suas

congêneres. Dentro destas subespécies existem muitas outras variações locais (Peacock, 2008). No quadro seguinte, refere-se a classificação taxonómica da abelha de mel.

Quadro 2.1 - Classificação taxonómica da abelha de mel.

Classificação	Nome	Descrição
Reino	<i>Animalia</i>	Significa que são animais
Filo	<i>Arthropoda</i>	Indica que têm patas articuladas
Classe	<i>Hexapoda</i>	Indica que têm seis patas
Ordem	<i>Hymenoptera</i>	Refere que têm asas de membranas
Sub-ordem	<i>Apocrita</i>	Indica que têm ferrão
Super-família	<i>Apoidea</i>	Significa que são abelhas
Família	<i>Apidae</i>	Descreve como sendo abelhas sociais
Género	<i>Apis</i>	Abelha
Espécie	<i>Mellifera</i>	Recolectora de mel

Fonte: Adaptado de Peacock, 2008.

Classes Sociais

As abelhas na colónia, trabalham juntas numa ordem social altamente estruturada e participam em inúmeras atividades de coordenação, incluindo a defesa de invasores, construção de favos, pastoreio para alimentação, limpeza dos favos das ninhadas, criação e alimentação das larvas e assistência total à sua rainha (Chen *et al.*, 2006).

Dentro de uma colmeia, existem três tipos de abelhas: as obreiras, os zangões e uma rainha. Cada uma tem a sua própria posição específica dentro da colónia. É um equívoco considerar que a rainha é a governante da colónia. A rainha é apenas uma parte e as obreiras não estão lá somente para servi-la, mas sim para trabalhar em conjunto para o sucesso da colónia. A única tarefa das rainhas dentro das colónias é a postura de ovos, para que as obreiras possam criar novas gerações e aumentar os efetivos da colónia, de acordo com as necessidades relativas a uma determinada época.

Numa colónia saudável, no auge do verão, os números do efetivo de uma colmeia podem chegar a entre 50.000 a 60.000 abelhas (Hooper, 1976; Cramp, 2008; Gary, 2010; Wooton, 2010). A esmagadora maioria são obreiras, os restantes são uma rainha e até cerca de 1.500 zangões.

i. Obreiras:

Nas abelhas de mel, as obreiras desempenham diferentes tarefas consoante a idade, começando por tarefas dentro da colmeia, como o aquecimento da mesma, limpeza de alvéolos e o cuidar das larvas, e as mais velhas executam tarefas no exterior da colmeia como o pastoreio (ver figura seguinte) (Rösch, 1925; Becher *et al.*, 2010), exemplificado na figura seguinte.



Figura 2.9 - Abelha obreira em tarefa de pastoreio.

Fonte: Wootton, 2010.

As obreiras com as suas várias funções dentro da colmeia estarão ao mesmo tempo a gerar calor que irá manter a temperatura da colónia no nível exigido. Trata-se de 17 °C quando não houver nenhuma ninhada e aproximadamente 34 °C quando houver criação de ninhadas. Este calor é também produzido durante o metabolismo de mel que serve para produzir energia para as atividades normais (Ellis *et al.*, 2008; Gary, 2010; Wootton, 2010).

Após emergirem do seu favo, as jovens abelhas imaturas começam a trabalhar imediatamente. As primeiras tarefas neste seu ciclo de vida são as de limpeza, preparando as células vazias para a rainha colocar os seus ovos. Dentro de alguns dias, estas jovens obreiras são capazes de alimentar as larvas com o pólen e o néctar trazido pelas abelhas operárias mais velhas (demonstrado na figura seguinte). Com a maturação das suas glândulas começam a ser capaz de tampar as células de mel e de criação de larvas com cera e, começam também a construir novas células. Após duas semanas de

se tornarem operárias, começam a transferir pólen e néctar trazido pelas operárias forrageiras e armazenam estes alimentos nos favos (Wootton, 2010; Becher *et al.* 2010).



Figura 2.10 - Pormenor das larvas, nas suas posições características no interior das células, sendo tratadas pelas obreiras.

Fonte: Wootton, 2010.

Com o seu ferrão/aguilhão totalmente formado após 18 dias de vida, começarão a ter funções de guarda da entrada da colmeia. Agora com as suas mandíbulas fortes, estas abelhas de mel patrulharão a entrada para verificar o retorno das outras operárias e expulsar qualquer intruso que apareça eventualmente. Para este propósito, cheiram cada abelha para saber se será uma das suas irmãs, ou uma outra abelha de outra colónia que esteja a tentar invadir a sua colmeia. Se necessário, irão matar o intruso com a sua ferroada. No entanto, se fizerem isso, irão morrer (Cramp, 2008; Blackiston, 2009; Wootton, 2010).

Também por esta altura, estas abelhas farão os seus primeiros vôos, que serão curtos e muito próximos da entrada da colmeia. Três semanas nesta fase da sua vida e a obreira está totalmente madura, assume agora tarefas de pastoreio. Nas próximas três semanas, irá recolher néctar, pólen, própolis e água e transportá-los para a colmeia para passar para as suas irmãs mais novas para posterior armazenamento (Blackiston, 2009; Gary, 2010).

As obreiras vivem normalmente de seis semanas a dois meses; só as que nascem no Outono conseguem passar o Inverno, mais ou menos ativas, vindo a morrer na Primavera seguinte. O desenvolvimento comportamental das abelhas obreiras pode ser acelerado ou retardado devido a condições ambientais e a requisitos inerentes ao enxame causados, por exemplo, pela idade da colónia (Robinson, 2002; Johnson, 2003; Becher *et al.*, 2010).

Uma das atividades mais reconhecidas nas obreiras é o pastoreio, nesta função têm de sobreviver aos perigos fora da colmeia como p. ex. a predação de outros insetos, pássaros, répteis e alguns mamíferos, se forem bem sucedidas terão vivido como abelhas adultas cerca de seis semanas (Peacock, 2008; Blackiston, 2010). Nas suas três semanas de pastoreio vão voar muitos quilómetros carregando quantidades de néctar e pólen equivalentes ao seu próprio peso corporal, e após muitos dias de trabalho exigente em prol do sucesso do enxame, irão morrer de exaustão.

Se as obreiras nasceram no final do outono, vão viver mais, já que irão passar o período de hibernação juntas, agrupadas no interior da colmeia (Cramp, 2008; Wooton, 2010). Aos primeiros sinais da Primavera, porém, estas obreiras começam o pastoreio até completar o seu ciclo de vida como as suas irmãs que nasceram durante a primavera e verão anteriores (Hooper, 1976; Gary, 2010).

ii. Rainha:

A rainha é muito importante para a postura dos ovos e consequentemente para aumentar o tamanho da colónia. Quanto maior for o número de efetivos da colónia, maior será a quantidade de mel armazenada, logo maior é a probabilidade da colónia se perpetuar oferecendo ao apicultor a possibilidade de boas colheitas.

A rainha é mais comprida do que todas as outras abelhas e pode ser distinguida devido ao seu corpo alongado e asas curtas. As larvas que darão origem a novas rainhas são alimentadas com uma substância designada por geleia real, que é segregada pelas obreiras. Após emergir da célula, a nova rainha vai voar dentro de 3 dias para acasalar (Peacock, 2008; Cramp, 2008; Wooton, 2010).

O acasalamento é feito em vôo, e uma rainha pode acasalar até com 12 zangões, assim a rainha garante o esperma suficiente para ser usado ao longo da sua vida de postura de ovos (Gary, 2010). Para colocar um ovo a rainha escolhe uma célula recém limpa e

deposita o minúsculo ovo na parede traseira (Paixão, 1983; Cramp, 2008), como disposto na figura seguinte:



Figura 2.11 - Ovos depositados no fundo das células.

Fonte: Cramp, 2008.

No auge da sua produtividade, a rainha pode colocar até 2.000 ovos por dia. As rainhas podem viver entre cinco a sete anos, mas aceita-se que, pelo seu terceiro ano, começa a existir um certo declínio da fertilidade (Paixão, 1983; Blackiston, 2009; Wooton, 2010). Quando a rainha chega ao final da sua produtividade as abelhas operárias sentem isso e irão gerar uma nova rainha, que irá substituir a sua mãe. Na figura seguinte vê-se a emergência de uma rainha para seu estado adulto.



Figura 2.12 - O sucesso da emergência de uma rainha é indicado pelo perímetro na abertura da célula feito pela rainha para a eclosão.
Fonte: Gary, 2010.

iii. Zangões :

Durante os meses de verão existem até cerca de 1500 zangãos numa colónia (Peacock, 2008; Gary, 2010; Wooton, 2010). Os zangões são machos, maiores em tamanho e sem ferrão. A sua finalidade dentro da colónia é apenas acasalar com uma rainha virgem, ou seja, dentro da colmeia tudo que eles fazem é comer e esperar a oportunidade de acasalar com uma rainha virgem num vôo de acasalamento (Peacock, 2008; Gary, 2010). Existem relatos de que os zangões e a rainha podem acasalar a alturas que poderão chegar aos 1.500 metros acima do solo (Hooper, 1976; Wooton, 2008).

O acasalamento é, embora, o fim das suas vidas, quando termina a cópula e o zangão desanexa-se da rainha, os seus órgãos sexuais são arrancados do seu corpo e ele morre em queda livre.



Figura 2.13 - O zangão (ao centro) tem olhos grandes que lhe permitem identificar a rainha virgem no céu para o vôo de acasalamento.

Fonte: Gary, 2010.

Na figura anterior observa-mos uma das características que facilita a distinção de um zangão no meio do enxame. Naturalmente, nem todos os zangões encontram uma rainha para acasalar, assim com a aproximação do inverno, as abelhas operárias não permitem a existência de abelhas improdutivas que comam as reservas de alimentos, portanto, os zangões são forçados a abandonar a colônia e a morrer de frio ou fome, ou então são mortos pelas obreiras (Hooper, 1976; Seeley, 1985; Gary, 2010).

2.3.Alimentação da Abelha de Mel

As abelhas de mel não recolhem só os néctares e o pólen das flores, pois buscam também a água, os melaços foliares e os exsudados dos pulgões (meladas) de certas árvores e a propólis (ver figura seguinte), que é uma substancia resinosa, produzida nos gomos e hastes tenras, principalmente dos choupos, pinheiros, salgueiros, castanheiros e estevas (Paixão, 1983), assim os órgãos da planta visitados pela abelha podem ser florais ou extra florais.



Figura 2.14 - A abelha de mel consegue transportar e tornar a propólis num material suficientemente maleável para ser usada como vedante nas reparações da colmeia.
Fonte: Gary, 2010.

Robertson (1925) foi um dos primeiros a reconhecer que as abelhas não recolhem o pólen das flores aleatoriamente, mas que algumas espécies demonstram especificidade floral ao colher pólen somente num número limitado de plantas. Ele introduziu os termos “monolecty, oligolecty e polylecty” para distinguir entre os colectores especialistas (recolhem de uma planta em particular, num período de tempo significativo e generalistas (recolhem de diferentes plantas no mesmo período) de pólen, respetivamente. Esta classificação inadequada não reflete as complexas relações entre as abelhas e as suas fontes de pólen e foi atualizada por Cane e Sipes (2006) e recentemente modificada por Müller e Kuhlmann (2008). Mesmo as abelhas generalistas mostram uma gama restrita de fontes de pólen (Westrich, 1989; Müller, 1996, Müller e Kuhlmann, 2008; Murray *et al.*, 2009); indicando isto que o pólen pode não ser uma fonte de proteína fácil de usar.

Os recursos florais durante a temporada mais relevante na produção de mel devem ser suficientes para alimentar as 50.000 obreiras e 9.000 larvas, potenciais de uma colónia.

As abelhas de mel são herbívoros que alimentam as suas larvas com uma mistura de pólen e néctar ou, raramente, óleos vegetais (Michener, 2007; Murray *et al.*, 2009). Uma colónia média pode ter uma exigência de néctar anual de cerca de 120 kilogramas e uma exigência de pólen de cerca de 20 kilogramas (Seeley, 1995; Wratten *et al.*, 2012) e uma única colónia pode conseguir armazenar entre 60 a 80 kilogramas de mel por ano (Seeley, 1995; Wratten *et al.*, 2012), com 15 a 30 kilogramas de mel (não-excedentes) por colónia para seu próprio consumo.

Os maiores consumidores de pólen são as abelhas que têm tarefas relacionadas com a criação da ninhada, que comem grandes quantidades de pólen: 60 miligramas durante 10 dias (Pain e Maugenet, 1966; Wratten *et al.*, 2012), para abastecer as glândulas secretoras que produzem alimento para as larvas. As larvas consomem 42 miligramas durante os primeiros 5 dias de desenvolvimento (Haydak, 1970; Wratten *et al.*, 2012).

Esta fonte de alimento fornecida pelas obreiras constitui uma parte importante das proteínas necessárias às larvas. Na altura em que as abelhas não efetuam pastoreio, o inverno, há um grande consumo de mel que, ao mesmo tempo que alimenta e gera calorías internas nas abelhas, serve também para produzir, ele mesmo, calor. A temperatura, com efeito, deve manter-se praticamente constante, na parte central onde se encontra a rainha. Deste modo, a família superará o inverno que, em algumas zonas de clima mais rigoroso, pode durar vários meses (Biri e Albert, 1979).

O Homem pelo exercício da Apicultura, não cria coisa alguma, anteriormente inexistente; apenas recolhe, um (o mel), ou vários (pólen, propólís, apitoxina, etc.) produtos úteis para si. Assim, nestas circunstâncias, o apicultor precisa de ter um amplo e minucioso conhecimento das plantas, visto que nelas está, fundamentalmente, o sucesso ou o insucesso dos seus empreendimentos. Há muitas plantas que não são visitadas pelas abelhas e as que lhes oferecem interesse podem agrupar-se em três categorias (Paixão, 1983):

- Basilares ou de produção, quando fornecem a acolheita anual armazenada nos favos;
- Complementares ou de manutenção, quando mantêm as abelhas nos restantes meses do ano;
- Supletivas, quando são suscetíveis de serem cultivadas para preencher lacunas de pastagem natural em dadas épocas do ano.

Assim, e em consonância, não se pode pensar em abelhas de mel durante muito tempo sem lhes associar a ideia das flores. As flores coloridas e as abelhas primitivas evoluíram provavelmente em conjunto: a abelha retirando da flor o seu alimento, provavelmente atraída pela sua cor, a flor chamando-lhe a atenção através da cor para o que tinha para oferecer, para assegurar a polinização (Hooper, 1976).

No entanto, a identificação de plantas melíferas importantes, é muitas vezes, dependente da região, composição de espécies de polinizadores locais, história da paisagem e outros fatores relacionados com o habitat (Tuell *et al.*, 2008; Connop *et al.*, 2010; Menz *et al.*, 2011), particularmente como plantas que podem ser culturas agrícolas num país, noutro poderem ser consideradas ervas daninhas (Winfrey, 2010; Wratten *et al.*, 2012).

Pode-se reforçar esta ideia referindo o caso de uma cultura de plantas supletivas: a “mistura de Tübingen”, desenvolvida e cultivada, em pastagens temporárias, na Alemanha, foi e é considerada eficaz no apoio às colónias de abelhas de apicultura e populações de abelhas selvagens (Engels *et al.*, 1994; Wratten *et al.*, 2012). Quando esta mesma mistura foi testada no Reino Unido, foi considerada inadequada, já que atraía poucas abelhas, porque os tempos de floração das espécies da composição coincidiam com os das principais fontes de alimento das abelhas nas regiões onde foi testada (Carreck e Williams, 1997; Wratten *et al.*, 2012).

Muitos insetos e aves alimentam-se principalmente ou oportunisticamente de néctar floral. Os lepidópteros (p. ex., borboletas e mariposas) e as abelhas, sugam o néctar através da sua proboscis (Kingsolver e Daniel, 1979; Pivnick e MacNeil, 1985), assim as abelhas de mel alimentam-se utilizando esta protuberância na sua armadura vocal, retratada na seguinte figura:

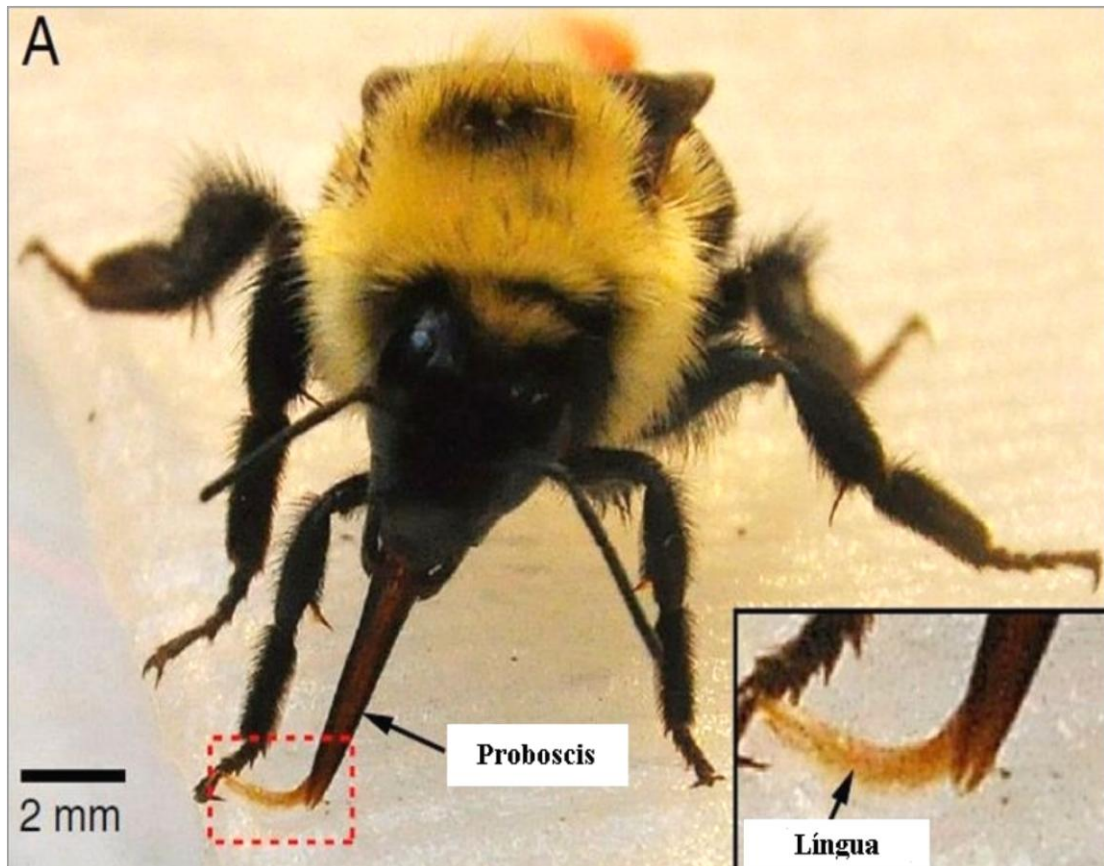


Figura 2.15 - Pormenor da armadura bucal da abelha de mel.

Fonte: Adaptado de Wonjung et al., 2011.

Os recursos alimentares das abelhas de mel incluem principalmente o pólen e o néctar, que juntos fornecem as proteínas, hidratos de carbono e outros micronutrientes necessários para o desenvolvimento das larvas e a manutenção dos indivíduos adultos (Michener, 2000; Shuler *et al.*, 2005).

Especificamente, além de taxa de consumo de energia, os animais que se alimentam de néctar na natureza, consideram, presumivelmente, a concorrência com outros indivíduos ou colónias (Roubik e Buchmann, 1984) e os custos dos vôos de pastoreio (Heyneman, 1983). Além disso, a concentração de néctar, disponibilizada pelas flores não precisa corresponder ao valor ideal necessário pelos que se alimentam desta substância, devido à estratégia de polinização das flores (Heinrich e Raven, 1972). De fato, tem sido sugerido que as flores tentam manter os seus polinizadores com fome e “fieis” nas suas visitas (Wilmer e Stone, 2004), porque uma muito grande recompensa de energia diminuiria o movimento entre as flores por parte dos polinizadores, e uma recompensa muito pequena causaria, possivelmente, a “deserção” dos polinizadores.

O néctar floral é composto principalmente por açúcares, mas também contém uma vasta gama de outros componentes, que embora sejam apenas uma pequena fração do néctar, podem afetar a sua atratividade para as abelhas (Adler, 2000; Afik *et al.*, 2008). O açúcar natural que se encontra na seiva das plantas é a sacarose. A sacarose é uma molécula constituída pela combinação química de dois açúcares simples, a glicose e a frutose.

A variação na concentração de açúcar no néctar segregado e a quantidade deste variam para a mesma espécie floral conforme os diferentes habitats e, na mesma planta, conforme as condições do momento. Verificam-se flutuações a curto prazo: o tempo frio reduz as quantidades de néctar segregadas, podendo mesmo parar completamente a sua segregação; o tempo quente aumenta a segregação e o tempo muito quente fá-la de novo parar, na medida que uma planta murcha. A chuva pode lavar o néctar de um nectário aberto como o da macieira, enquanto o sol e o um vento ligeiro pode secar a água do néctar, fazendo aumentar a concentração de açúcar. As plantas dão-se melhor nos habitats para os quais evoluíram (Hooper, 1976).

Os açúcares do néctar são segregados pelos nectários da flor sob a forma de néctar: uma solução de açúcar e água. Estes nectários não são simples orifícios da planta que permitem a libertação da seiva, mas sim órgãos ativos que selecionam na seiva as substâncias que irão ser segregadas sob a forma de néctar, e, em algumas espécies, a sacarose é parcial ou mesmo totalmente decomposta nos seus componentes monossacarídeos antes de ser segregada sob a forma de néctar. Este pode variar, caso, contenha sacarose pura, uma mistura de sacarose, glicose e frutose ou apenas os dois monossacarídeos, glicose e frutose (Hooper, 1976). Ocorrem as condições mais favoráveis à produção de néctar quando, durante a floração, alternam-se a chuva abundante com noites mais ou menos quentes e dias soalheiros. A secreção do néctar é abundante precisamente durante as primeiras horas da manhã, diminuindo ao aproximar-se o meio-dia, com suas horas mais quentes, voltando a ser abundante ao cair da noite (Biri e Albert, 1979).

Os nectários encontram-se em muitos pontos da flor, mas geralmente estão juntos à base dos estames. Conforme a construção da flor, eles podem estar expostos, como acontece na macieira, ou escondidos, como no trevo, que tem uma forma muito mais complexa. Se o nectário estiver escondido, o néctar não está tão sujeito a alteração por influência de fatores do ambiente, tais como o vento e a chuva (Hooper, 1976; Afik *et al.*, 2008).

As abelhas têm de executar aproximadamente cerca de 50.000 vôos e visitar portanto, milhões de flores para poder recolher a quantidade de néctar correspondente a 1 kilograma de mel; no entanto, num dia de plena floração, com uma colónia bem povoada, já se registou a recolha de mais de 6 kilogramas de néctar; podem ser encontrados exemplos ainda mais animadores quando se pratica a apicultura de transumância (Biri e Albert, 1979).

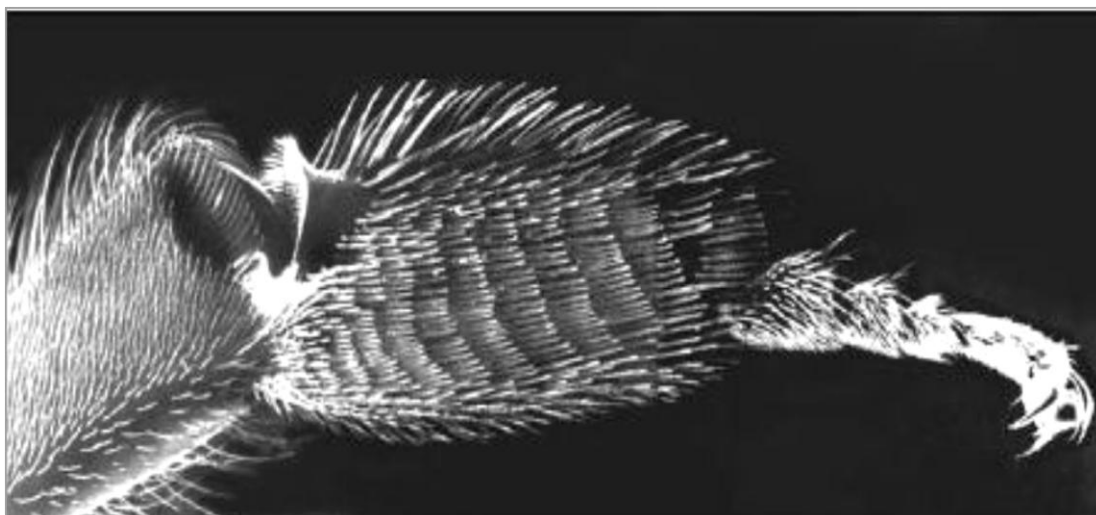


Figura 2.16 - Pêlos que servem como escovas na coleta de pólen.

Fonte: Blackiston, 2009.

A procura de pólen numa colónia de abelhas é dependente da força da colónia, do número de indivíduos criados na ninhada e da disponibilidade de pólen no ambiente, este é recolhido principalmente com o auxílio de uma parte especializada da morfologia da abelha de mel (ver figura anterior). Dado que 89 miligramas de pólen são necessárias para alimentar uma única larva de abelha e assumindo a capacidade de postura de uma rainha, na segunda metade da época (segunda metade de julho e agosto), ser de 1.000 a 2.000 ovos por dia, a exigência da colónia para cumprir esse objetivo é de 89 gramas de pólen por dia. Isso significa que, para sustentar o desenvolvimento da ninhada, de meados de julho a agosto, uma colónia requer mais de 4,2 kilogramas de pólen (Roman, 2004).

Deve-se notar que as quantidades e diversidades de pólen (ver figuras 2.17 e 2.18) recolhidas pelas abelhas são significativamente influenciadas pelo altura da temporada em que são recolhidas, essas quantidades vão diminuindo consideravelmente como o avanço da temporada de pastoreio (Roman, 2004). Assim, em termos temporais, a sobrevivência e o desenvolvimento de colónias de abelhas de mel é influenciada pela regularidade, qualidade e quantidade de néctar e pólen: (1) após a hibernação para a

substituição das obreiras; (2) durante a primavera e o verão, quando a população atingiu o pico, e; (3) no outono para o armazenamento do alimento de inverno.



Figura 2.17 - Exemplos de variedades de pólen com diferentes cores devido à proveniência de diferentes flores.
Fonte: Gary, 2010.

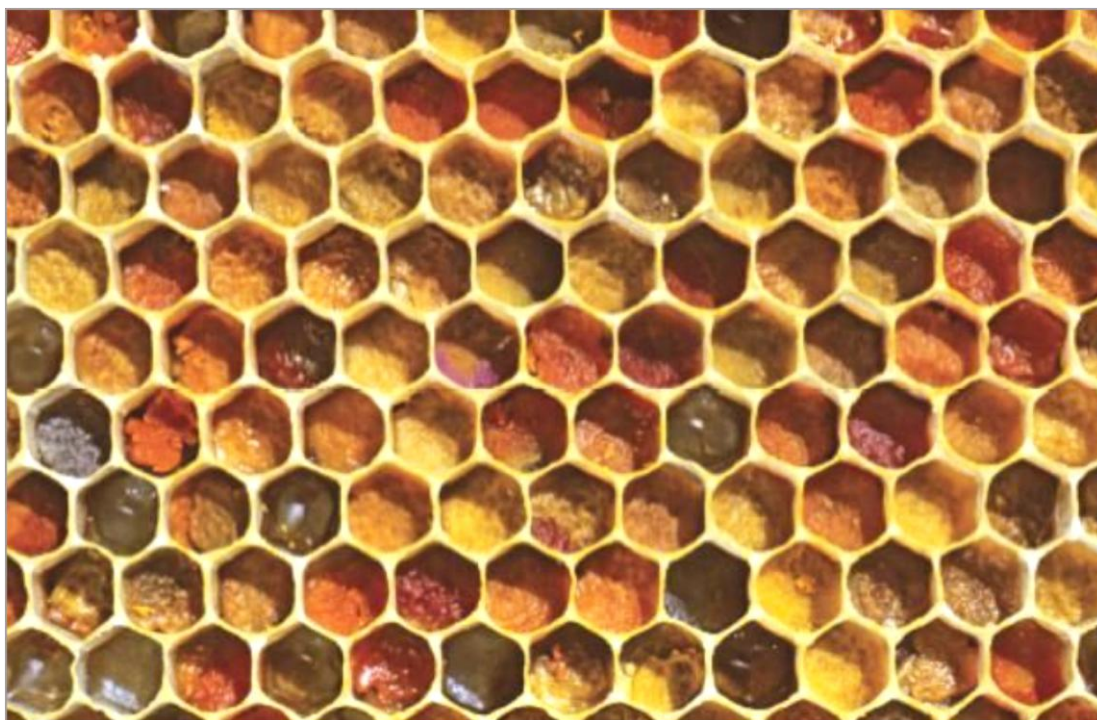


Figura 2.18 - Pólen com origem em plantas diferentes armazenado em células do favo.
Fonte: Seeley, 2010.

O pólen é o único alimento proteico de valor nutricional completo disponível para as abelhas de mel que é trazido para o ninho do ambiente exterior (Roman, 2004). A diminuição de reservas de pólen no outono resulta na cessação antecipada da criação de ninhadas o que origina um desenvolvimento precoce das abelhas que irão hibernar (Mattila e Otis, 2007; vanEngelsdorp e Meixner, 2010). Em consequência, as colônias que contenham abelhas de mel que nasceram no inverno, e que foram criadas precocemente por causa da escassez de pólen são menos propensas a sobreviver ao inverno do que as colônias que têm as abelhas de inverno criadas mais perto da época de hibernação (Mattila e Otis, 2007).

Assim, pode-se concluir que a deficiência de pólen no ninho faz com que as abelhas reduzam o tamanho de criação da ninhada, o que afeta negativamente a força da colônia enquanto esta se prepara para o inverno e, consequentemente, afeta o desempenho de hibernação da colônia (Roman, 2004).

As abelhas de mel consomem muita água. Empregam-na para satisfazer as suas próprias necessidades e as inerentes à sua tarefa de “amas” (obreiras com tarefas de tratamento e alimentação da ninhada), que ainda não saem da colmeia, na preparação da papa alimentar das larvas, na regularização da temperatura e da humidade no interior da colônia, sem a qual a criação morreria dessecada, bem como para dissolver o mel, que, por vezes, cristaliza ou densifica demasiado nos favos.

Admite-se que a água destinada ao alimento das larvas não é armazenada em células, mas , junta, quase sempre a mel, conservando-se até ao seu emprego no estômago de mel (ver figura seguinte) de numerosas obreiras, as quais se tornam assim, verdadeiros reservatórios. A necessidade é sobretudo elevada na época de maior extensão da ninhada, diminuindo durante os meses de secreção nectarífera e de menor intensidade da postura.

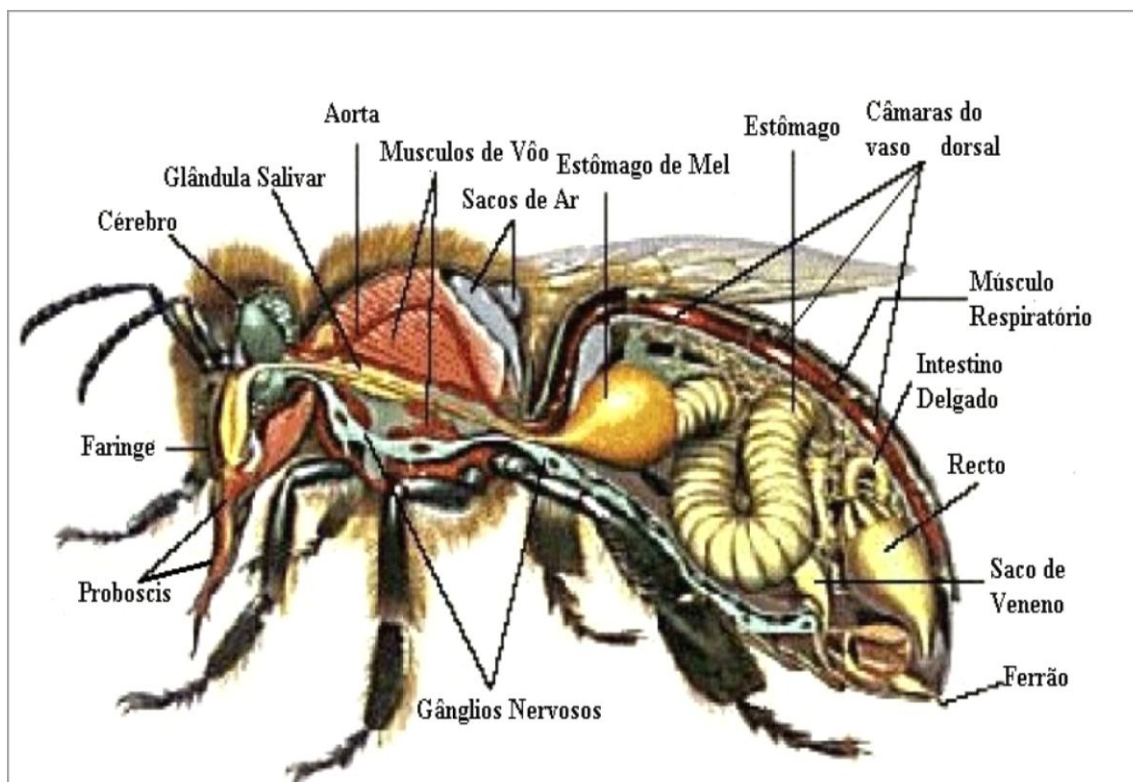


Figura 2.19 - Pormenores da anatomia da abelha de mel.

Fonte: Adaptado de Clayton, 2006.

Rentabilidade

A Rentabilidade de uma fonte de néctar é influenciada pela sua concentração de açúcar (Waddington, 1982; Tautz e Sandeman, 2003; Seeley 1994), a sua distância à colmeia (Seeley, 1994; Afik *et al.*, 2008), a distância entre flores (Waddington, 1982; Tautz e Sandeman, 2003; Seeley 1994) e a taxa de fluxo (facilidade em aceder ao néctar e quantidade disponível) (Wainelboim e Farina, 2003; Afik *et al.*, 2008).

Quando uma abelha de mel, nas suas atividades de pastoreio, avalia a fonte de néctar como sendo de baixa rentabilidade reduz a taxa de descarga (Farina e Nunez, 1991; Wainelboim e Farina 2003; Afik *et al.*, 2008). Além do volume de néctar e a sua concentração de açúcares, a composição da restante fração também parece ser importante na modulação das visitas florais dos polinizadores (incluindo-se a abelha de mel) (Afik *et al.*, 2008).

Armazenamento de Alimento

O favo de mel é composto de células hexagonais e é construído em ambos os lados de uma partição vertical central, o septo. A construção encontra-se esquematizada no seguinte desenho.

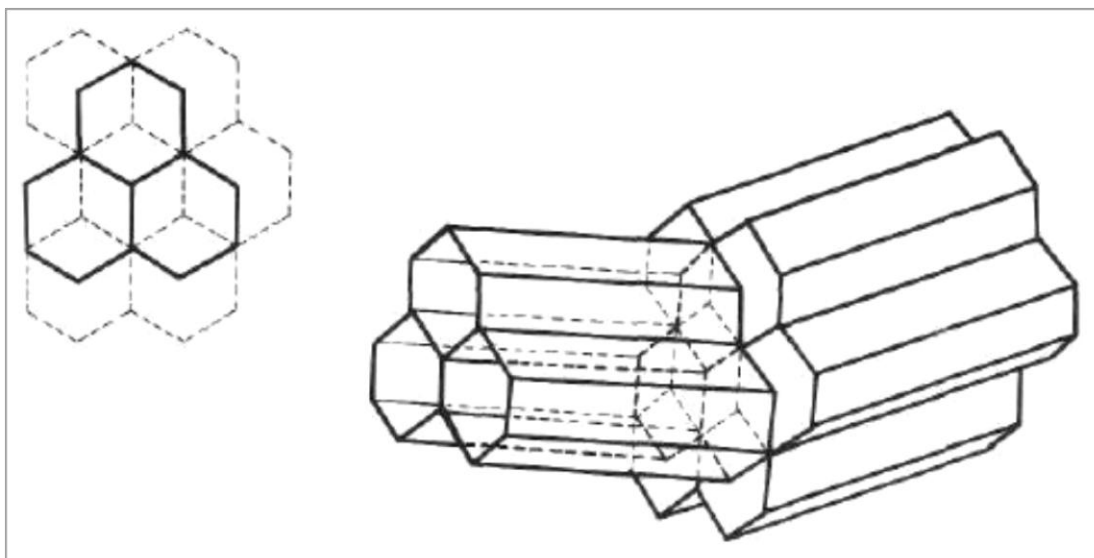


Figura 2.20 - Disposição das células do favo de mel.

A base de uma célula num lado do septo faz parte das bases de três células do outro lado (Cramp, 2008; Gary, 2010). As abelhas adultas ocupam as células mais densamente nas áreas destinadas à criação de ninhadas e mais esparsamente nas células destinadas ao armazenamento do mel.

Além das células do favo de mel servirem como unidades de criação individualizadas de abelhas, é também nas células do favo de mel que estarão o pólen e o mel (ver figura 2.21), o alimento das abelhas, constituindo um recurso que pode ser aumentado ou consumido, consoante as exigências das respectivas circunstâncias. O favo de mel é feito de cera de abelha. Esta é segregada pelas abelhas obreiras através de oito pequenas glândulas de cera situadas na parte inferior do abdômen (Seeley, 1985).



Figura 2.21- Células do favo com néctar recentemente recolhido (mais brilhantes) alternadas com células cheias de pólen.

Fonte: Gary, 2010.

Quando é necessária cera as obreiras enchem-se com mel e provavelmente algum pólen e, em seguida, penduram-se nos favos e retêm o calor produzido pelo metabolismo do mel nos seus músculos, o aumento da temperatura e a quantidade de mel nas abelhas provocam a secreção da cera (Seeley, 1985; Peacock, 2010; Gary, 2010). A cera deposita-se em oito bolsas situadas abaixo das glândulas, e aqui ocorre uma alteração química que causa a solidificação da cera. O resultado são oito minúsculas bolas brancas translúcidas de cera (figura 2.22). Estas são então retiradas das bolsas de cera pelos últimos pares de patas e passadas para a boca, onde cada uma é trabalhada e manipulada a fim de formar o favo ou passada para outras abelhas para ser usada noutros lugares (Blackiston, 2009; Wooton, 2010).



Figura 2.22 - Cera produzida por glândulas no abdômen da abelha de mel.
Fonte: Seeley, 2010.

Comunicação

Como referido anteriormente, durante as primeiras semanas de vida, as abelhas de mel não deixam a colmeia. Em vez disso, executam atividades internas que não parecem exigir o mesmo grau de plasticidade comportamental necessário pelas obreiras que deixam a colmeia, como encontrar fontes de alimento, lembrar-se das suas localizações, voltar para a colmeia e passar informações sobre a natureza, qualidade e localização das fontes de alimento às suas companheiras de colmeia (Tautz *et al.*, 2003; Gary, 2010).

As abelhas, que regressam de uma fonte de alimento recém-descoberta, para a colmeia executam “vôos de aprendizagem”, que lhes fornecem informações visuais que guiarão o seu retorno, as durações destes voos de aprendizagem são moduladas em resposta à incerteza espacial e à rentabilidade de uma fonte de alimento (Wei e Dyer, 2009). Os estudos de Wei e Dyer, 2009, revelam uma imagem mais rica da função dos vôos de aprendizagem do que anteriormente era suposto e fornecem evidências do seu papel na modificação adaptativa das informações obtidas em resposta a alterações ecológicas.

As obreiras transmitem essas informações através da execução de uma dança complexa (ver figura 2.23) que contém as informações necessárias e que as outras abelhas são capazes de ler (Paixão, 1983; Tautz *et al.*, 2003), assim esta dança é um eficaz meio de

comunicação entre as abelhas que permite que uma abelha com funções de pastoreio possa informar as irmãs sobre as fontes de alimento existentes nas proximidades (Afik *et al.*, 2008).

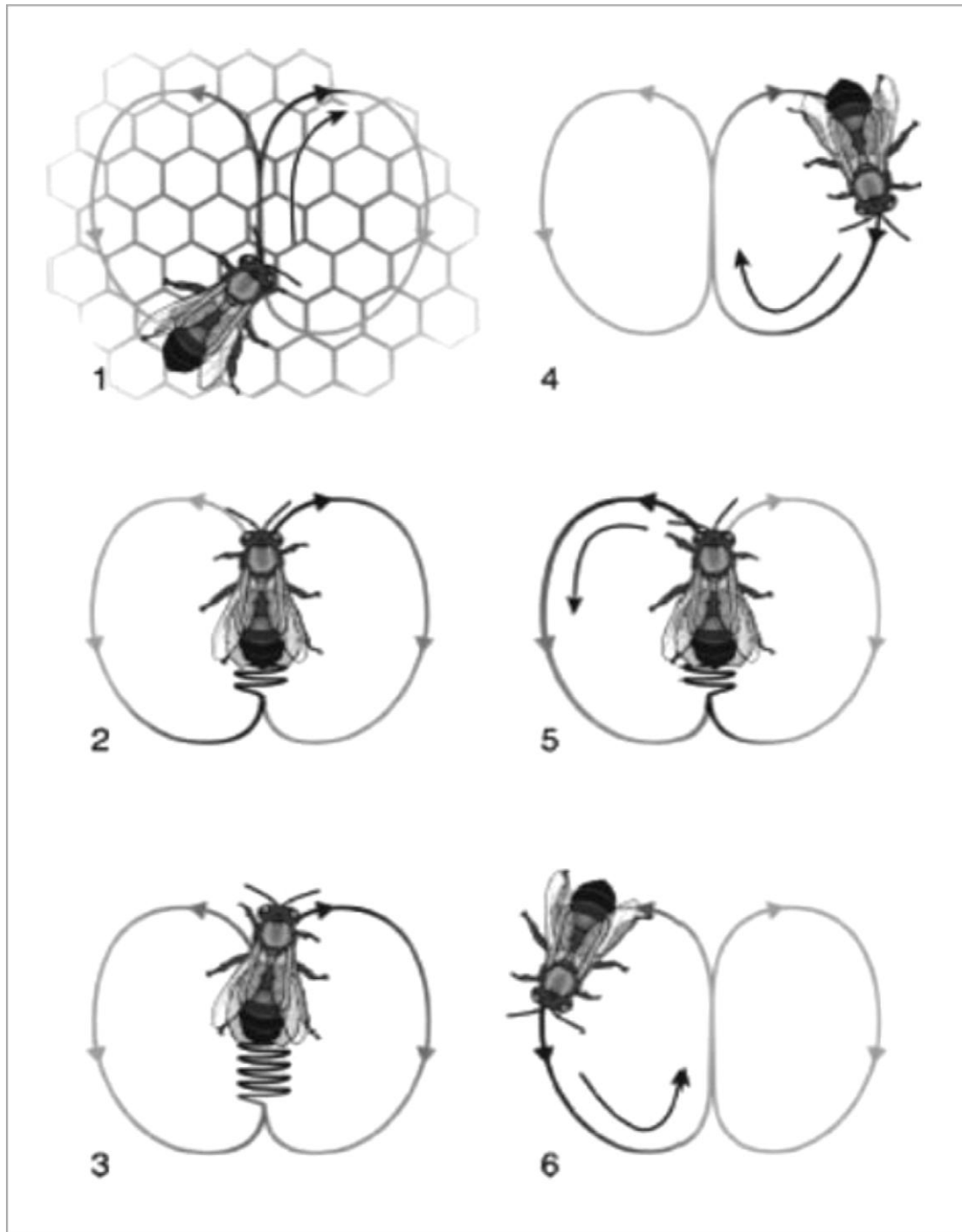


Figura 2.23 – Uma das danças executadas pelas abelhas de mel para comunicar.
Fonte: Seeley, 2010.

2.4.Mecanismos de Regulação

Os membros de muitas colónias de artrópodes sociais (p. ex. as formigas e as abelhas de mel) cooperam para regular diversos aspetos do ambiente no interior dos seus ninhos (Seeley et al., 1981; Tautz *et al.*, 2003), mas as abelhas de mel parecem ser o único grupo que alcançaram um elevado grau de homogeneização da temperatura nos seus ninhos, mantendo as ninhadas em temperaturas que, embora nunca constantes, variam dentro de uma janela relativamente estreita de 4 °C, apesar de poderem ocorrer temperaturas externas que podem ir abaixo do ponto de congelamento ou acima do ponto de derretimento da cera dos favos (Tautz *et al.*, 2003).

Assim o fator que melhor ilustra a organização coletiva da colónia é a sua capacidade em regular a temperatura na colmeia, o que é essencial para a criação de larvas e ninfas. Este comportamento parece ser altamente adaptável e plástico, porque mesmo sob extrema variação ambiental, ele resulta em intervalos pequenos de temperatura no interior da colmeia (Jones e Oldroyd, 2007; Becher *et al.*, 2010).

Regulação Diária

i. Temperatura:

O controlo coletivo da temperatura da ninhada é um aspeto essencial do comportamento das abelhas, e as temperaturas do ar medidas junto das ninhadas situam-se, embora nunca constantes, sempre dentro de um intervalo de 32 - 36 °C (Hess, 1926; Himmer, 1927; Seeley, 1985; Southwick e Headmaier, 1987, Heinrich, 1979 e 1993). Os desvios que ocorrem na janela de temperatura ideal durante o desenvolvimento das larvas são conhecidos por resultar em deficits morfológicos (Himmer, 1932; Muralevskij, 1933; Weiss, 1962; Tautz *et al.*, 2003), então, através da estabilização da temperatura da ninhada, as abelhas de mel são capazes de controlar a influência dessa variável ambiental no desenvolvimento das ninhadas.

A energia necessária para manter a temperatura, relativamente estável, da ninhada, é obtida a partir do açúcar contido no néctar trazido para a colmeia pelas obreiras. As abelhas com tarefas de com tarefas de “aquecimento” transformam a energia do néctar em calor através movimentos rápidos de contração dos músculos antagónicos de voo presentes no tórax (Heinrich, 1979 e 1993; Esh *et al.*, 1991; Tautz *et al.*, 2003) e, em seguida, transmitem este calor para as células onde se encontram as larvas e as ninfas.

As temperaturas altas fora da colmeia são compensadas pela entrada e evaporação de água dentro da colmeia, realizado pelas operárias através de uma série de comportamentos que permitem baixar as temperaturas (Lindauer, 1954; Tautz et al., 2003), um desses processos é a ventilação e dispersão de gotas de água no ninho (Lindauer, 1954; Lensky, 1964; Seeley, 1974; Human et al., 2006; Becher et al., 2010). As baixas temperaturas dentro da colmeia são compensadas pela produção de calor, através da atividade do músculo torácico realizado pelas abelhas de forma individual, que, em seguida, é transferido para a ninhada (Kronenberg e Heller, 1982; Harrison, 1987; Shmarantz e Stabentheiner, 1987; Tautz, 2003), outros autores (Esch, 1960; Harrison, 1987; Kleinhenz *et al.*, 2003; Becher *et al.*, 2010) referem também que o calor é gerado metabolicamente pelo "estremecimento" dos músculos de vôo.



Figura 2.24 - Em cima: abelhas de mel no favo quando a temperatura ambiente é de 28°C, em baixo: as mesmas abelhas a 13°C.

Fonte: Seeley, 2010.

Além disso, as obreiras podem regular a temperatura da colônia, agrupando-se firmemente juntas. O aperto do enxame, na colmeia, reduz a condutância térmica e aumenta o isolamento térmico (aumentando a temperatura na colmeia), ao invés, o arrefecimento do ninho acontece pelo dispersar do enxame na colmeia (Owens, 1971; Severson e Erickson, 1990; Stabentheiner *et al.*, 2003; Becher *et al.*, 2010), esta dinâmica está representada na figura 2.24.

ii. Humidade:

Nos artrópodes sociais, o equilíbrio de água não é apenas dependente da fisiologia e comportamento dos indivíduos, mas também é afetado pelas interações entre os membros da colônia e pelo ambiente do ninho. Por exemplo, a arquitetura do ninho de algumas espécies de insetos sociais garante que as condições microclimáticas ocorram no ninho de forma adequada (Sherba, 1959; Frouz, 2000; Kleineidam e Roces, 2000; Ellis *et al.*, 2008), tornando possível para os trabalhadores selecionar determinadas áreas do ninho para determinadas atividades (p. ex. as formigas) (Ellis *et al.*, 2008).

Mas ao contrário das formigas, as abelhas de mel são incapazes de deslocar a sua ninhada para a parte do ninho mais adequada para o desenvolvimento. Na verdade, os ovos permanecem na célula em que a rainha os pôs e desenvolvem-se nesta mesma célula até o surgimento do adulto. As obreiras, são portanto, necessárias para regular a humidade a níveis ótimos no ninho para favorecer o desenvolvimento da ninhada. Há uma série de comportamentos no repertório das obreiras que podem ser usados para alterar a humidade do ninho (Ellis *et al.*, 2008).

A tomada de decisões com base na humidade mostrou-se importante já que este parâmetro é relevante no microclima da colmeia das abelhas de mel, os ovos necessitam de uma humidade relativa de mais de 55% para chocarem com êxito, com a maior taxa de sobrevivência a acontecer quando a humidade relativa varia entre os 90 e 95% (Doull, 1976; Ellis *et al.*, 2008).

Sazonais

O desenvolvimento das abelhas de mel e os percursos ambientais que regulam as suas atividades sazonais são em grande parte desconhecidos, e poucas espécies estudadas mostram respostas tão complexas para a regulação das temperaturas tanto no Inverno como na Primavera (Bosch e Kemp, 2003; Sgolastra *et al.*, 2010; Bartomeus *et al.*, 2011). O número absoluto de abelhas disponíveis para os processos de aquecimento e

de criação de ninhadas parece ser o fator crítico que determina a prosperidade e a sobrevivência da colônia (Becher *et al.*, 2010).

A estrutura tridimensional de um enxame num ninho fornece um isolamento superior e uma maior utilização do calor produzido, resultando em mais células quentes e reduzindo os efeitos de orla existentes no interior da colmeia (Becher *et al.*, 2010), mas quando o frio aumenta e penetra na colmeia, apesar do bloco (enxame) gerar determinada quantidade de calor, as abelhas de mel da camada externa sentem frio e, depois de algum tempo, abrem caminho para o interior do bloco, sendo substituídas pela segunda camada que, agora receberá o frio externo, saindo do seu anterior estado de proteção. Desse modo estabelece-se uma rotação, pela qual os grupos vão-se substituindo na camada mais externa do bloco formado pelas abelhas de mel ao redor da rainha (Cramp, 2008; Peacock, 2008; Blackiston, 2009), permitindo às abelhas de mel suportar os invernos, mesmo quando estes são muito rigorosos (exemplificado na figura 2.25).



Figura 2.25 - Sobreviver a invernos rigorosos é um desafio que as abelhas do mel superam com a sua capacidade de regulação da temperatura no interior da colônia.
Fonte: Gary, 2010.

Assim, a substituição periódica das abelhas de mel que constituem a camada exterior permite a sobrevivência de um maior número delas; de qualquer modo tanto a rainha como as abelhas mais jovens, que ficam sempre mais perto dela, superarão o inverno (Biri e Albert, 1979).

Influência no Sucesso do Enxame

Entre os fatores ambientais, a falta ou a má qualidade dos alimentos, a incapacidade de manter a adequada temperatura do ninho e uma contaminação do meio ambiente são as causas mais frequentes de taxas reduzidas na sobrevivência de uma ninhada (Kruk e Skowronek, 2001). Assim, como referido, a criação de ninhadas exige temperaturas dentro do intervalo estreito de 32°C a 36°C com uma média de 34°C e os desvios desta faixa causam malformações graves nas abelhas adultas. (Hess, 1926; Himmer, 1927; Kronenberg e Heller, 1982; Becher *et al.*, 2010).

Tautz et al. (2003) demonstram que a existência de regimes de temperatura diferentes na criação de ninhadas também cria diversidade nas habilidades das abelhas de mel que emergem e até mesmo uma limitação do número de abelhas que efetuam pastoreio com proveito para o enxame. Indivíduos diferentes também vão gastar quantidades diferentes de tempo em atividades no interior da colmeia em comparação com atividades externas, algumas abelhas nunca chegam a realizar tarefas de pastoreio (Seeley, 1995). Isto sugere que haverá um efeito da temperatura no balanço entre as abelhas que exercem atividades na colmeia e as forrageiras. E, recentemente, foi evidenciado que o desenvolvimento de maiores temperaturas no interior da colmeia, que ocorrem no centro do ninho, reduzem a idade com que as abelhas de mel começam as atividades de pastoreio assim que atingem a maturidade (Becher *et al.*, 2010).

À medida do forte aumento do tamanho da colônia na Primavera, as diferenças no número de obreiras terão uma influência significativa na possibilidade de regulação da temperatura no ninho (Becher *et al.*, 2010). Quando as temperaturas exteriores são elevadas, serão necessárias menos abelhas para manter a temperatura dentro da colmeia. Assim a criação de um número maior de obreiras que realizam pastoreio com sucesso, será produzida pela temperatura superior na colmeia (Tautz *et al.*, 2003), disto deriva que uma grande quantidade de néctar (energia em potencial), será armazenada nos favos. No entanto, durante o tempo mais frio, menos obreiras serão produzidas, mais abelhas estarão disponíveis para elevar a temperatura na colmeia e assim aumentará o número de obreiras com maior potencial de sucesso, na chegada do ciclo de clima mais quente (Tautz *et al.*, 2003). Uma súbita descida da temperatura, especialmente quando uma colônia adulta tem uma população pequena (o que é comum na Primavera), pode resultar na morte de uma ninhada por exposição ao frio excessivo (Bailey e Ball, 1991). Enquanto o frio pode matar abelhas imaturas, as abelhas adultas que estiveram expostas

a temperaturas demasiado baixas em fases imaturas do seu desenvolvimento são mais suscetíveis a sofrer de determinadas patologias (McMullan e Brown, 2005).

Assim, parece que o efeito da temperatura tem um impacto limitado sobre a organização da divisão do trabalho nas colónias, em vez disso, o número absoluto de abelhas de mel disponíveis para os processos de aquecimento e de criação de ninhadas parece ser o fator crítico que determina a prosperidade e a sobrevivência da colónia (Becher et al., 2010).

2.5.Área de Pastoreio

A distância, dentro da qual os animais se alimentam, afeta fortemente a sua dinâmica populacional, estrutura genética e o seu ciclo de vida, ela também pode afetar esses parâmetros nos organismos com os quais, os animais interagem. Como tal, a distância de alimentação (neste estudo, em relação às abelhas de mel, optou-se por designar como área de pastoreio), é um componente crítico para a compreensão da persistência de populações e interações de espécies (Axelrod, 1960; Bawa, 1990; Greenleaf *et al.*, 2007). Tanto as abelhas solitárias, como as sociais, obtêm o provisionamento para as suas ninhadas, com a localização do seu ninho no centro da sua área potencial de alimentação, o sucesso do pastoreio é determinado pelo tamanho do habitat e a quantidade e variedade de fontes de alimento que a abelha utiliza (Pasquet *et al.*, 2008).

Estudos teóricos realçam frequentemente o papel da capacidade de dispersão e emigração das abelhas, perante as fontes de alimento, nas previsões do tamanho mínimo da população viável (Hanski e Pöyry, 2006; Murray *et al.*, 2009), assim informações da escala de vôo são vitais para a conservação da abelha de mel, para se ter a certeza que os seus requisitos estão no seu habitat, dentro da sua escala de alcance e atividade (Westrich, 1996; Cresswell *et al.*, 2000; Murray *et al.*, 2009).

Importância

Como a distância de vôo das abelhas irá determinar a densidade mínima de recursos que pode sustentar um ninho, o conhecimento da distância de vôo é importante para a conceção de estratégias para a conservação das abelhas quando os seus recursos vegetais são ameaçados ou fragmentados (Roubik, 1989; Cresswell *et al.*, 2000). As abelhas de mel irão voar mais longe para conseguir alguns recursos ao invés de outros (Gary *et al.*, 1972), e a sua distância de pastoreio varia em função do contexto de

paisagem (Stevan Dewenter e Kuhn, 2003). Portanto, a investigação dos vôos da abelha de mel é essencial para compreender a sua ecologia e mobilidade. Da mesma forma, o conhecimento dessa é importante para as plantas que são dependentes da polinização para a sua reprodução, porque a distância de vôo determina a distância na qual o pólen pode ser transportado (Pasquet *et al.*, 2008).

A área de pastoreio das abelhas, influencia fortemente a reprodução sexuada da maioria das plantas melíferas (fontes de néctar e pólen para as abelhas de mel) e pode determinar a estrutura genética de diversas populações de plantas (Campbell, 1985; Waser *et al.*, 1996; Greenleaf *et al.*, 2007). Por exemplo, os polinizadores podem não visitar as populações de plantas pequenas ou isoladas, levando à falha reprodutiva dessas plantas (Cunningham, 2000; Mendes, 2002; Greenleaf *et al.*, 2007). Por outro lado, distâncias maiores de pastoreio, mesmo realizadas por espécies introduzidas, podem possibilitar a reprodução de plantas que se situam dentro de fragmentos de habitat isolados, e que de outro modo estariam ameaçadas (Dick, 2001; Greenleaf *et al.*, 2007).

O pastoreio das abelhas de mel também afeta a produção agrícola. As distâncias de pastoreio irão variar com as condições ambientais, como a densidade e a distribuição dos recursos necessários à alimentação das abelhas (Ricketts 2001; Greenleaf *et al.*, 2007). Trabalhos teóricos (Cresswell *et al.* 2000; Greenleaf *et al.*, 2007) e práticos têm fornecido evidências que a quantidade e qualidade dos recursos disponíveis de flora melífera também afetam a distância de pastoreio. Foram observadas abelhas de mel a aumentar as suas distâncias de pastoreio, consoante a existência de recursos de alta rentabilidade (Beekman e Rohsig, 2000; Bacon *et al.*, 1965) e/ou com a escassez de recursos (Stevan Dwenter e Kuhn, 2003). Além disso, uma medição precisa da distância de vôo dos polinizadores, tornou-se imperativa recentemente, devido à preocupação sobre a propagação de genes de organismos geneticamente modificados através do fluxo de genes mediado pelo pólen de culturas geneticamente modificadas para as culturas de agricultura convencional e de outras espécies de parentes silvestres (Ellstrand, 2003; Pasquet *et al.*, 2008).

Alcance

Transferências bem sucedidas de pólen entre árvores separadas por uma distância que varia de 10 a 84 quilômetros foram já registradas, mas os insetos polinizadores são

conhecidos por realizarem as suas atividades de pastoreio, geralmente, a distâncias bem abaixo de seu máximo potencial de vôo (Roubik, 1989; Ghazoul, 2005a; Pasquet *et al.*, 2008). As abelhas procedem ao pastoreio para obtenção de alimento a partir de um ponto central (ninho) e as distâncias de vôo são específicas para cada espécie, a localização dos recursos florais à colmeia determinam os que estão potencialmente disponíveis (Moretti *et al.*, 2009; Murray *et al.*, 2009). Assim o conhecimento sobre o alcance de vôo para recolha de alimento é também importante para a estimativa das necessidades em área que as abelhas precisam para fornecer serviços ótimos de polinização à agricultura (Kremen *et al.*, 2004; Murray *et al.*, 2009).

As distâncias de pastoreio de muitas espécies de abelhas estão situadas numa faixa de 100 metros até um máximo de 45,5 quilómetros, com valores para a maioria das espécies abaixo dos 1000 metros (Greenleaf *et al.*, 2007; Murray *et al.*, 2009). Os resultados de testes de distâncias de vôo de abelhas de mel foram semelhantes aos resultados obtidos com outros polinizadores. Os vôos da abelha de mel atingem tipicamente menos de 2 km, mas têm um alcance potencial de 10 quilómetros (Meade, 1991; Breed *et al.*, 1999; Pasquet *et al.*, 2008). Este resultado é consistente com os resultados obtidos com os zangões (Osborne *et al.*, 1999; Dramstad *et al.*, 2003) e com outras abelhas (Visscher e Seeley, 1982), que indicam que estas geralmente não pastoreiam muito perto dos seus ninhos (Roubik, 1989; Pasquet *et al.*, 2008), mesmo que isso não deva ser verdadeiro para a generalidade das diversas espécies de abelhas (Breed *et al.*, 1999; Pasquet *et al.*, 2008).

Roubik (1989), considera que, numa área relativamente plana, uma distribuição simétrica das obreiras nos seus voos de pastoreio em redor da colmeia, é de se esperar, outros autores (Darvill *et al.*, 2004; Pasquet *et al.*, 2008) referem que as abelhas em terreno íngreme, para evitar retornos difíceis, enquanto carregadas, voam distâncias mais longas para a parte superior da encosta e menores para a parte da encosta abaixo da colmeia.

Como referência, para cálculo da área de pastoreio da abelha de mel poderá usar-se a distância referida por um dos autores mais conhecidos e citados no estudo da abelha de mel, distância esta que tem concordância com inúmeros outros autores: Seeley, (1995), refere o raio da ação da abelha de mel na sua atividade de pastoreio como sendo de 3,5 quilómetros.

2.6. Polinização – Serviço de Ecossistema

As abelhas prestam um fulcral serviço de ecossistema: a polinização. As abelhas são os principais polinizadores nativos na Europa e são cruciais para muitas culturas agrícolas e para a conservação da biodiversidade de plantas endêmicas. Na verdade, as abelhas são os polinizadores mais valorizados e estima-se que, aproximadamente 35% do consumo de alimentação usado na alimentação humana dependa diretamente ou indiretamente na polinização mediada por este inseto (Delaplane e Mayer, 2000; Robin *et al.*, 2010), um serviço de ecossistema vital, contribuindo para a saúde humana e o bem-estar ecológico.

Oitenta e sete por cento das espécies de angiospérmicas do mundo são polinizadas, em algum grau, por animais (Ollerton *et al.*, 2011; Bartomeus *et al.*, 2011), e trabalhos recentes têm enfatizado o potencial de consequências negativas, se ocorrerem incompatibilidades fenológicas, entre plantas e polinizadores (Hegland *et al.*, 2009; Memmott *et al.*, 2007; Bartomeus *et al.*, 2011). No entanto, são escassos os dados sobre mudanças na fenologia de polinizadores e as alterações correspondentes nas plantas que polinizam (Bartomeus *et al.*, 2011).

Nem toda a polinização dependente dos animais é fornecida pelas abelhas, nem as abelhas são os polinizadores mais eficientes da maioria das culturas (NRC, 2006). No entanto, continuam a ser os mais importantes polinizadores para a maioria das culturas em todo o mundo (McGregor, 1976; Delaplane e Mayer, 2000).

Nos últimos anos, declínios substanciais na abundância e diversidade de insetos polinizadores têm sido amplamente documentados (Ghazoul, 2005; Steffan-Dewenter *et al.*, 2005; Biesmeijer *et al.*, 2006; Williams e Osborne, 2009). Embora muito dessa atenção se tenha centrado nas abelhas de mel e na condição que é principalmente responsável por esses declínios, chamada “Colony Collapse Disorder” (Oldroyd, 2007; Wratten *et al.*, 2012), várias espécies de abelhas selvagens também sofreram quedas graves (Biesmeijer *et al.*, 2006; Potts *et al.*, 2010) e em alguns casos desapareceram de muitos dos seus habitats naturais (NRC, 2006; Cameron *et al.*, 2011). A perda desses polinizadores é suscetível de ter graves consequências tanto na biodiversidade como na produtividade das culturas (Kevan e Phillips, 2001; Wratten *et al.*, 2012).

Existem muitos métodos para quantificar o valor dos serviços de ecossistema, e cada um tem as suas limitações (Heal, 2000; Turner *et al.*, 2003; Winfree *et al.*, 2011). Assim

há uma grande necessidade de um melhor entendimento dos serviços dos ecossistemas em termos da sua ecologia (Kremen e Ostfeld, 2005) e do seu valor económico (Daily *et al.*, 2000; Turner *et al.*, 2003).

Polinização por abelhas silvestres

As abelhas são os principais polinizadores nas regiões mais ecológicas do mundo (Axelrod, 1960; Bawa, 1990; Greenleaf *et al.*, 2007). As abelhas beneficiam assim diretamente a produção de sementes ao fornecerem o serviço de polinização. Além disto, podem complementar de diversas formas o serviço prestado pelas abelhas de mel: biologicamente, em alguns casos reforçando a eficácia da polinização (Greenleaf e Kremen, 2006; Winfree *et al.*, 2011) e economicamente, por assegurarem a polinização em períodos de carência.

Mas como as abelhas silvestres não existem, nem podem, geralmente, ser introduzidas em número adequado, repentinamente, em sistemas agrícolas para garantir as necessidades de polinização, as abordagens de gestão para serem bem sucedidas devem concentrar-se nas condições da exploração para garantir populações de polinizadores residentes e em boas condições (Shuler *et al.*, 2005).

Um trabalho pioneiro realizado por Kremen *et al.* (2002) mostrou que as populações destas abelhas variam de acordo com o tipo de agricultura e a distância entre as explorações agrícolas aos habitats naturais. Trabalhando numa grande área agrícola da Califórnia, mostrou que as explorações em modo de produção biológico situadas perto de habitats naturais hospedavam abelhas suficientes para fornecer de forma completa os serviços de polinização para a cultura da melancia, uma cultura com grandes requisitos de polinização. As populações de abelhas eram diminutas em todas as outras explorações de agricultura convencional, e assim, a polinização necessária era completada através da introdução de colmeias (Shuler *et al.*, 2005).

Ter estimativas precisas deste valor poderia melhorar o planeamento do uso do solo por quantificar os custos e benefícios da conservação de habitats para polinizadores em sistemas agrícolas (Winfree *et al.*, 2011).

Polinização pelas abelhas de mel

As abelhas de mel são os principais polinizadores animais na maioria dos ecossistemas (Neff e Simpson, 1993; Bartomeus *et al.*, 2011) em relação às, aproximadamente, 19.700 espécies descritas de abelhas existentes em todo o mundo (Ascher e Pickering,

2011; Bartomeus *et al.*, 2011), em primeiro lugar, porque é uma espécie domesticada e segundo, porque faz parte de uma minoria de espécies de abelhas em que os adultos permanecem ativos durante o inverno e regulam as temperaturas da colmeia (Bartomeus *et al.*, 2011), assim a abelha de mel, é o polinizador predominante mais gerido em grande parte do mundo (Robinson *et al.*, 1989; Shuler *et al.*, 2005). A alta eficiência das abelhas de mel como polinizadores resulta das suas grandes necessidades alimentares. As colónias de abelhas de tamanho médio usam cerca de 18 a 35 kilos de pólen e cerca de 90 kilos de mel para satisfazer suas necessidades. A fim de colher tais quantidades de comida as abelhas têm que visitar milhões de flores na sua procura (Roman, 2004).



Figura 2.26 – Abelha de mel em tarefas de pastoreio e consequente polinização.
Fonte: Wooton, 2010.

As abelhas criadas em apicultura são ideais para a polinização (ver figura anterior) de grandes plantações por várias razões. Estas colónias de abelhas têm uma força de trabalho relativamente grande durante todo o ano, 10.000 a 60.000 indivíduos, em que, aproximadamente, um terço dos quais são forrageiras e devido a esta condição, polinizam (Seeley, 1985; vanEngelsdorp e Meixner, 2010).

A biologia das abelhas de mel também as torna adequadas como polinizadoras comerciais. As abelhas de mel são generalistas, visitando uma ampla gama de tipos de flor, mesmo aquelas algumas que não são adequadas para polinizar, por exemplo as amoras. Além disso, a capacidade de uma abelha de mel para comunicar a localização de recursos florais para as suas irmãs na colmeia faz delas polinizadoras particularmente eficientes (Seeley, 1985; vanEngelsdorp e Meixner, 2010).

Devido às suas potencialidades, os enxames de abelhas de mel continuam a ser um recurso crítico para o mundo agrícola e para a segurança alimentar.

i. Perspetiva Ecológica:

Os insetos são frequentemente vistos como um dos flagelos da agricultura, mas muitas culturas alimentares necessitam da polinização dos insetos para produzirem. Assim, as práticas de gestão das explorações agrícolas devem tentar reduzir os efeitos negativos dos fitofármacos ou a transmissão de doenças nos insetos, mantendo um ambiente propício à atividade de polinizadores (Shuler *et al.*, 2005).

Como referido, os polinizadores são benéficos ou essenciais para a produção de muitas espécies de culturas (Southwick e Southwick, 1992; Williams, 1994; Westerkamp e Gottsberger, 2000; Klein *et al.*, 2007), e eles também são importantes para a reprodução de mais de 65% das plantas selvagens de todo o Mundo (Kearns *et al.*, 1998; Ashman *et al.*, 2004; Wratten *et al.*, 2012).

Globalmente, a conversão de habitats para agricultura é a principal forma de mudança do uso do solo e a maior causa de perda e fragmentação de habitat nativo (Tilman *et al.*, 2001; DeFries *et al.*, 2004; Murray *et al.*, 2009). O domínio dos agro-ecossistemas em todo o mundo significa que cada vez mais as populações de abelhas existem na interface dos habitats naturais e agrícolas, ou dentro de áreas agrícolas. Embora algumas monoculturas possam ser benéficas nalguns casos (Westphal *et al.*, 2003, 2009; Murray *et al.*, 2009), a diminuição tanto da abundância de abelhas como da riqueza de espécies, foram relatadas a partir de uma ampla variedade de agroecossistemas, a partir do momento em que ocorreu uma maior intensificação agrícola (Steffen-Dewenter e Tscharnkte, 1999; Kremen *et al.*, 2002; Ricketts, 2004; Chacoff e Aizen, 2006; Murray *et al.*, 2009).

Da mesma forma, um crescente corpo de pesquisa tem demonstrado que áreas de produção localizadas nas proximidades de áreas naturais podem receber todos os seus

serviços de polinização apenas de abelhas endêmicas (Kremen *et al.*, 2002, 2004; Winfree *et al.*, 2007; Wratten *et al.*, 2012). A pesquisa também mostrou que a frequência de visitas em culturas que requerem a polinização de insetos (Vázquez *et al.*, 2005; Wratten *et al.*, 2012) e consequentemente o rendimento das colheitas são maiores em áreas localizadas mais próximas aos habitats naturais ou semi-naturais (Ricketts *et al.*, 2004; Chacoff e Aizen, 2006; Blanche *et al.*, 2006).

Conclui-se então que os agroecossistemas que contêm um mosaico de habitats seminaturais através da sua paisagem, podem manter níveis significativos de diversidade e abundância de abelhas (Tschardt *et al.*, 2005; Murray *et al.*, 2009), mesmo em escalas regionais (Tylianakis *et al.*, 2005; Murray *et al.*, 2009).

ii. Perspetiva Económica:

Tendo em conta o constante declínio de abelhas selvagens polinizadoras, a importância económica de apicultores e das abelhas por estes criadas, é hoje maior do que nunca (Robin *et al.*, 2010).

Em grande parte do mundo, a pedra angular agrícola é a polinização efetuada por abelhas criadas por apicultores (Winfree *et al.*, 2011), isto é, estas abelhas são responsáveis por grande parte da polinização de culturas e são frequentemente introduzidas de forma ativa pelos agricultores para melhorar a produção. Os serviços de polinização prestados pelas abelhas comerciais (provenientes da Apicultura) são uma indústria significativa (Nightingale *et al.*, ---).

Assim, a polinização mediada pelas abelhas é um importante serviço económico (Klein *et al.*, 2007; Winfree *et al.*, 2011) porque, como referido anteriormente, 35% da produção mundial de alimentos baseados na colheita de culturas de plantas são dependentes deste serviço. Mais especificamente, 22,6% de toda a produção agrícola nos países em vias de desenvolvimento e 14,7% da produção agrícola nos países desenvolvidos são diretamente dependentes, em certa medida, da polinização animal (Aizen *et al.*, 2008). Globalmente, o valor da polinização de insetos foi estimada em 153 bilhões de euros, que representa cerca de 9,5% do valor total da produção agrícola (Klein *et al.*, 2007).

Como as abelhas de mel vivem em grandes colónias, visitam e pastoreiam muitas culturas diferentes e podem ser transportadas dentro dos espaços agrícolas consoante as suas necessidades de polinização, elas proporcionam à atividade agrícola a capacidade

de tomar medidas de controle sobre insetos nocivos durante a etapa de crescimento das culturas sem sofrer perdas substanciais de polinização, porque se podem suprir estas carências com a introdução de enxames de abelhas de mel (Shuler *et al.*, 2005).

Mas, por exemplo, apesar de se usarem muitas vezes colónias de abelhas de mel para a polinização em culturas de cucurbitáceas, estas abelhas preferem outras culturas: gramíneas silvestres e outras espécies de plantas selvagens, e assim, frequentemente deixam de visitar as culturas alvo para se deslocarem a outros destinos se outras opções estiverem disponíveis (Delaplane e Mayer 2000, Shuler *et al.*, 2005).

Mas, apesar destas particularidades, as abelhas de mel continuam a ser as principais polinizadores para a maioria das culturas que exigem polinização animal (Delaplane e Mayer, 2000; Free, 1993; Klein *et al.*, 2007; Winfree *et al.*, 2011), em consequência, estas abelhas, nativas da Europa e África, muitas vezes são instaladas em áreas de agricultura durante as épocas de floração (Winfree *et al.*, 2011). Em suma, a contribuição mais importante das abelhas de mel, para a agricultura moderna, é de longe, o serviço de polinização que fornecem. Cinquenta e duas das cento e quinze principais produções alimentares mundiais dependem da polinização das abelhas de mel, tanto na produção de fruta como de sementes (Klein *et al.*, 2007; vanEngelsdorp e Meixner, 2010).

2.7.Ameaças à Apicultura

Uma das principais razões para o declínio das colónias de abelhas, provenientes da apicultura, é a morte que ocorre de forma muito extensa e imprevisível, designada por “Colony Collapse Disorder”. Enquanto isso pode desencorajar de forma suficiente os apicultores amadores em pequena escala e conduzi-los a abandonar o seu hobby, para os apicultores semiprofissionais e profissionais, esta é uma limitação crucial no planeamento e expansão dos seus negócios. Esta incerteza financeira também limita o aparecimento de uma nova geração de apicultores, especialmente os que assumam e pratiquem uma abordagem mais profissional. Isto torna-se mais evidente em certas regiões, por exemplo em alguns países da Europa de Leste, onde a falta de apoio estatal para os apicultores compromete, de forma quase total, a substituição das colónias mortas, e assim, leva ao completo abandono da apicultura.

Normalmente, perdas moderadas e previsíveis podem ser acomodadas e previstas. No entanto, perdas extensas e incontroláveis fazem da apicultura uma profissão/atividade,

com pesados investimentos em materiais e equipamentos, estando em permanente risco de falência (vanEngelsdorp *et al.*, 2007; Robin *et al.*, 2010).

Existe também a questão dos efeitos adversos decorrentes da aplicação de pesticidas, este problema começou desde o início do tratamento das culturas com químicos. Nos enxames de abelhas de apicultura, este flagelo remonta à parte inicial do início do século XX, quando a pulverização de árvores de fruto com arsénico foi listada como uma das cinco principais razões para o declínio de numerosas colónias na Califórnia (Voorhies *et al.*, 1933).

Hoje em dia, a esmagadora maioria dos fitofármacos homologados e legalmente comercializados, não põe em risco as abelhas de mel, quanto aos que põe: o agricultor/aplicador, tem a obrigação de comunicar com antecedência aos apicultores da sua área de influência, no intuito destes fecharem as suas abelhas no período respeitante ao tratamento e de persistência da substância ativa que possa fazer perigar a saúde das abelhas de mel.

Os organismos geneticamente modificados foram desenvolvidos, em parte, para ajudar a evitar os efeitos potencialmente adversos dos pesticidas sobre os polinizadores (NRC, 2006; vanEngelsdorp e Meixner, 2010). As preocupações iniciais que culturas de organismos geneticamente modificados com propriedades inseticidas teriam efeitos negativos, embora não-letais, sobre as abelhas (Malone e Pham-Delègue, 2001) não foram verificadas (Marvier *et al.*, 2007; Duan *et al.*, 2008; vanEngelsdorp e Meixner, 2010). Por exemplo, as abelhas obreiras e as colónias alimentadas com o pólen de milho geneticamente modificado não têm aumento das taxas de mortalidade (Rose *et al.*, 2007). Além disso, o pólen de milho (OGM) não afetou a microflora nos intestinos de abelhas (Babendreier *et al.*, 2007; vanEngelsdorp e Meixner, 2010) nem afetou o desenvolvimento da glândula da hipofaringe, tão importante na saúde das abelhas de mel (Malone *et al.*, 2004).

Na tentativa de destacar as áreas específicas da ecologia da abelha de mel que terão o maior impacto no desenvolvimento e aplicação de estratégias de conservação, devem-se estabelecer ligações com os fatores bióticos e abióticos que afetam a aptidão de abelha, a prestação de serviços de polinização e como estes são todos potencialmente afetados pelas mudanças na ocupação e uso do solo, e ainda como estes são afetados pelas forças políticas e de mercado. Também devem ser estudadas e consideradas na elaboração de

políticas de conservação os comportamentos individuais, dinâmicas das comunidades e a biologia populacional dos diferentes ecossistemas estudados, tendo em vista a melhoria das condições ecológicas, sociais e económicas desses ecossistemas (Murray *et al.*, 2009).

Doenças

Existem muitas doenças que prejudicam as abelhas de mel (bacterianas, fúngicas, virais, microspóricas), parasitas (ácaros), predadores (répteis, pássaros, mamíferos) e pragas (besouros, vespas, formigas, etc.) que podem afetar a produtividade e sobrevivência destas abelhas (Morse e Flottum, 1997; vanEngelsdorp e Meixner, 2010).

Devido à sua estrutura social altamente organizada e elevada densidade populacional, as colónias de abelhas de mel representam um ambiente arriscado para a propagação de doenças (Chen *et al.*, 2006). Os vírus infetam a abelha em todos os seus estágios de desenvolvimento, incluindo ovos, ninhadas e adultos. Sob boas condições de manejo, a maioria dos vírus das abelhas de mel geralmente persistem como infeções latentes e sem causar sinais aparentes da doença. Além disso, estas colónias podem ser atacadas por mais de um vírus simultaneamente e múltiplas infeções virais têm sido relatadas em abelhas vivas (Anderson, 1990; Benjeddou *et al.*, 2001; Chen *et al.*, 2004; Evans, 2001; Hung *et al.*, 1996).

O clima também pode ter um efeito nas cargas de patógenos que existem dentro das colónias. Por exemplo, a temperatura e a humidade têm um efeito direto sobre o crescimento das populações de ácaros varroa (Harris *et al.*, 2003; vanEngelsdorp e Meixner, 2010).

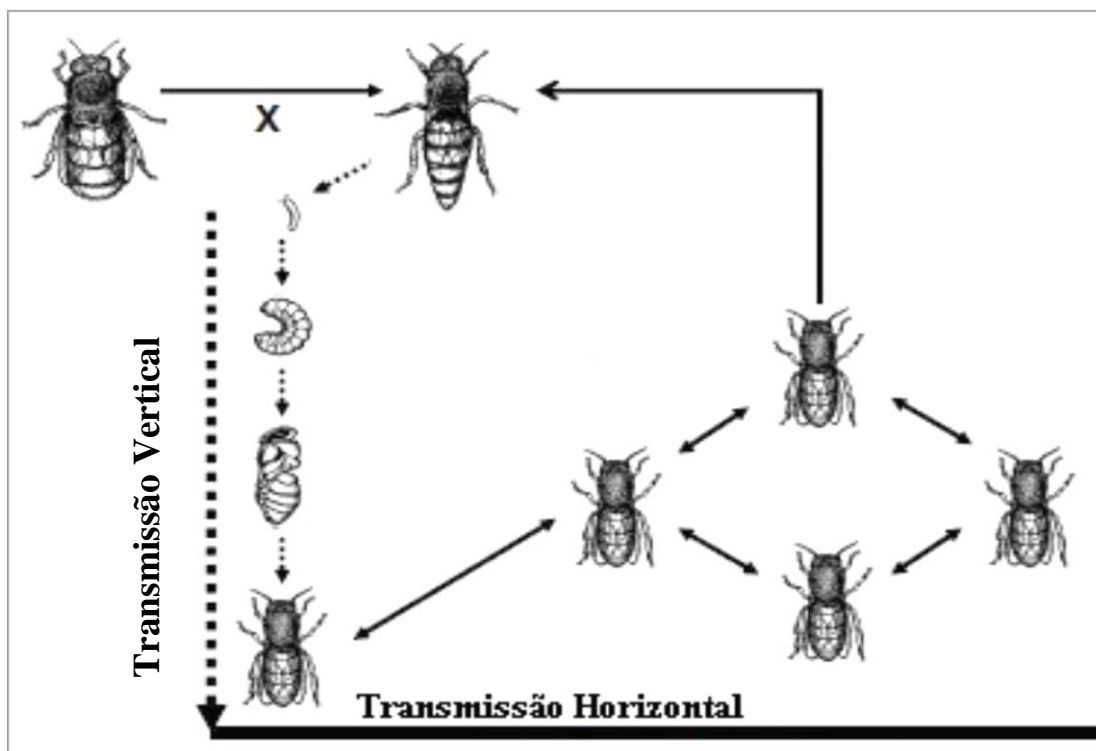


Figura 2.27 - Formas de transmissão de doenças nas abelhas de mel.

Fonte: Adaptado de Chen et al., 2006.

Quando as colônias estão sob condições não-competitivas e saudáveis, os vírus mantêm-se através de mecanismos de transmissão verticais (ver figura anterior) e existem em estado latente ou persistente sem provocar às abelhas sinais de infecções evidentes. Em alternativa, por causa de enxames densamente povoados e uma alta taxa de contato entre os membros da colônia, relacionado com a alimentação e as comunicações químicas, as colônias de abelhas de mel potenciam grandes oportunidades no que concerne à transmissão horizontal de doenças (Chen *et al.*, 2006).

Também, quando as abelhas vivem sob condições stressantes, como infestações do ácaro *Varroa* (retratado nas figuras 2.28 e 2.29), co-infecção de outros patógenos e um declínio na oferta de alimentos que pode resultar numa redução da taxa de crescimento, os vírus parecem deixar o seu estado latente para um mais ativo. Isto torna então um determinado vírus muito mais infeccioso, através do mecanismo de transmissão horizontal, levando à morte das abelhas hospedeiras e tornando possível um colapso total da colônia (Békési e Szalai, 2003; Chen *et al.*, 2006). Até agora, pelo menos dezoito vírus foram identificados no ataque a abelhas de mel em todo o mundo e alguns afetam drasticamente a saúde das abelhas, sob certas condições (Ball e Allen, 1988; Martin, 2001).



Figura 2.28 - Ácaros Varroa em larvas de abelha de mel.

Fonte: Cramp, 2008.



Figura 2.29 - Ácaro Varroa numa obreira de abelha de mel.

Fonte: Wootton, 2010.

Os novos resultados científicos e experimentais na gestão das abelhas de mel tem elucidado as razões patológicas e epidémicas de muitas doenças que as afetam. No passado, a opinião geral foi que uma parte do agente, o causador da doença, estava intimamente ligado a um território definido, (teria supostamente origem endémica), mas hoje em dia, devido ao tráfego internacional muito intensivo, muito deles tornaram-se largamente disseminados (Békési e Szalai, 2003). Rothenbulher (1964) foi o primeiro que provou que a seleção poderia ser uma ferramenta na criação de colónias mais resistentes. Ele reconheceu que o comportamento higiénico é marcado por dois alelos recessivos. Por um alelo a abelha de mel reconhece o problema e é capaz de abrir a célula selada, o outro alelo controla o instinto de limpeza das larvas mortas.

Essa perceção tem causado ansiedade em todo o mundo e resultou em graves consequências. A defesa contra as doenças infecciosas das abelhas de mel está a acontecer, em muitos países, utilizando-se o tratamento com medicamentos (principalmente químicos), e em muitos países há prescrições oficiais muito rigorosas e bloqueios contra os apiários que contenham focos de infeção, combinado isto, em casos mais graves, com o extermínio das colónias e respetiva compensação oficial, como acontece em Portugal.

Diminuição de Áreas de Pastoreio

A chave para a exata determinação do intervalo de equilíbrio das abelhas de mel é uma elevada compreensão da interação desta espécie com fontes de alimento disponíveis,

bem como os seus limites climáticos, edáficos e ambientais (Nightingale *et al.*, ----). As abelhas de mel, são então, sem dúvida, afetadas pelas mudanças de ocupação e uso do solo (Kremen *et al.*, 2007; Murray *et al.*, 2009). Assim, podemos aferir que a disponibilidade de pastagens adequadas às abelhas tem um forte impacto na saúde das abelhas, e logo, na rentabilidade da apicultura. As mudanças nas práticas agrícolas, bem como o aumento da urbanização e da expansão suburbana diminuíram também locais disponíveis para a instalação de apiários. É difícil quantificar as consequências da diminuição dos locais aptos para instalação de colmeias no número total de colónias existentes, mas este facto é certamente prejudicial.

A necessidade de fontes de alimento adequadas, foi reconhecida logo no início, pelos apicultores e assim surgiu também a transumância na apicultura (vanEngelsdorp e Meixner, 2010). A quantidade e a qualidade do pasto das abelhas tem vindo a diminuir constantemente no último meio século, em grande parte devido à mudança de práticas agrícolas. Por exemplo, o uso de fertilizantes tem permitido uma redução na rotação das leguminosas nos sistemas de cultivo e o uso extensivo de herbicidas reduziu as ervas daninhas tanto nas culturas como nas faixas marginais destas (Bohan *et al.*, 2005). As colónias desnutridas são mais suscetíveis a surtos de doenças (Gilliam, 1986) e são menos capazes de tolerar a exposição a pesticidas (Wahl e Ulm, 1983; vanEngelsdorp e Meixner, 2010).

Também existem estudos que ligam uma diminuição da produtividade das colmeias com o aumento da dispersão urbanística e diminuição dos espaços naturais. Regiões com maiores áreas de espaços abertos têm uma tendência clara a albergar colónias mais produtivas, presumivelmente por terem maiores áreas de alimentação, logo maiores quantidades de alimento disponível. A diminuição da produtividade pode ter um efeito dramático nos enxames de abelhas de mel, de várias maneiras. Colónias produtivas são menos propensas a morrer de fome durante o inverno, e a fome tem sido identificada como a segunda mais importante causa de mortalidade no inverno, em estudos realizados nos Estados Unidos (vanEngelsdorp *et al.*, 2008; vanEngelsdorp e Meixner, 2010).

De seguida apresenta-se um modelo que pretende retratar os potenciais benefícios decorrentes da manutenção e/ou melhoria dos habitats, e consequentemente áreas de pastoreio, que existem à disponibilidade da abelha de mel.

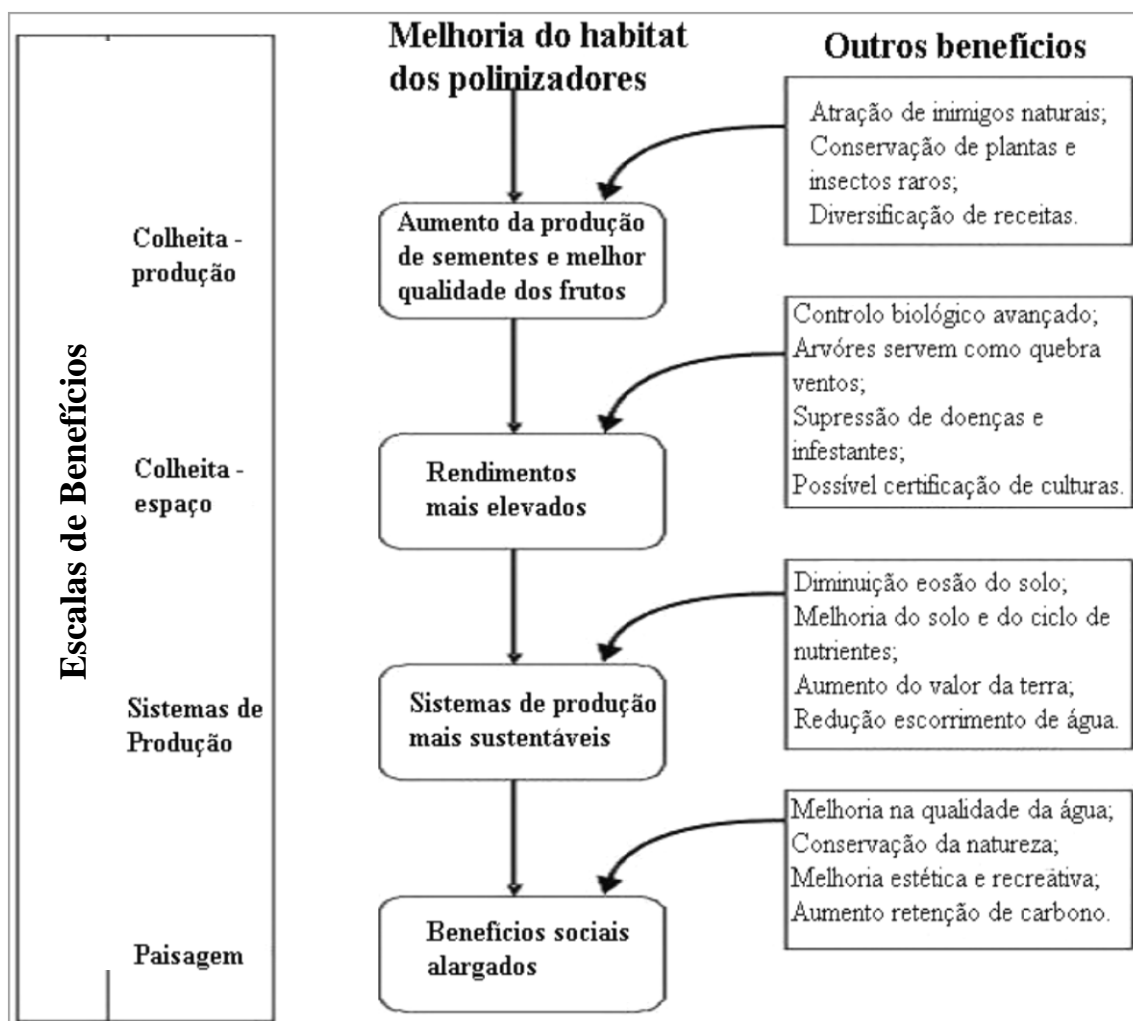


Figura 2.30 - Potenciais benefícios decorrentes da melhoria do habitat da abelha de mel.

Fonte: Adaptado de Wratten *et al.*, 2012.

2.8.Capacidade Adaptativa

Num mundo que está em constante mudança, algumas ocorrem previsivelmente (p. ex., alterações diárias e sazonais dos padrões), mas grande parte destas mudanças ocorrem de forma imprevisível (Dunlap e Stephens, 2012), assim os animais precisam de informações necessariamente recentes e relevantes. No entanto, a aquisição de tais informações, requer, presumivelmente, aos animais, custos em termos de tempo e energia, gastos nessa aprendizagem (Dukas 1999; Mery e Kawecki, 2004; Wei e Dyer, 2009), bem como as oportunidades perdidas durante esses períodos. Assim, para maximizar a aptidão, espera-se que os animais ajustem o seu comportamento de forma a garantir a aprendizagem de informações pertinentes em momentos adequados e a fazê-lo de forma a equilibrar os benefícios e os custos dessa recolha de informação (Wei e Dyer, 2009).

Até à data, os estudos da ecologia dos insetos centraram-se principalmente em padrões de grande escala da distribuição (Eyre *et al.* 2003, 2005; Jiménez-Valverde *et al.* 2007; Gordo *et al.*, 2007) ou da diversidade (Hawkins e Porter 2003; Stefanescu *et al.* 2004; Baselga e Jiménez-Valverde 2007) das espécies de insetos.

Entretanto, padrões de grande escala de outras características biológicas dos insetos, tais como a sua fenologia e as suas causas, permanecem parcamente exploradas, os enormes requisitos de dados são uma possível razão para a falta de pesquisas nesta área. De fato, resultados confiáveis e conclusões coerentes só podem ser derivadas de grandes conjuntos de dados reunidos por muitas pessoas envolvidas em redes de amostragem perfeitamente coordenadas (Gordo *et al.*, 2007a).

Tais esforços de colaboração permitiram na Grã-Bretanha o uso de 1.5 milhões de registos recolhidos entre 1995 e 1999 (Asher *et al.*, 2001; Gordo *et al.*, 2010), na exploração de tendências espaciais em vinte e nove espécies de borboletas residentes, em datas de observação significativas (Roy e Asher 2003). As datas de observação mostraram, na Grã-Bretanha, para a maioria das espécies, gradientes latitudinais e longitudinais bem demarcados (Gordo *et al.*, 2010).

No entanto, algumas espécies de borboletas não apresentaram padrões espaciais na sua fenologia. Este resultado é notável porque esperava-se que a variabilidade espacial da fenologia dos insetos deveria espelhar os gradientes das variáveis ambientais mais influentes que afetam os tempos nos seus ciclos de vida, como a temperatura (Fielding *et al.* 1999; Gordo *et al.*, 2010). Em qualquer caso, estes resultados salientam a necessidade de mais estudos sobre padrões espaciais na fenologia dos insetos e sobre os mecanismos que os influenciam (Weiss *et al.* 1988, 1993; Fielding *et al.* 1999; Gordo *et al.*, 2007).

A Fenologia

A fenologia dos organismos é a programação de etapas/acontecimentos no seu ciclo de vida que são pautadas pelo calendário sazonal. O sincronismo apropriado dessas etapas/acontecimentos — como o nascimento, a dispersão e a reprodução — é uma peça fundamental para a sobrevivência e sucesso individual. Portanto, a fenologia deve evoluir na sintonia com o ambiente para otimizar a temporização, de maneira a favorecer a condição dos indivíduos e os traços que determinam o seu sucesso sob a

forte seleção a que são sujeitos (Wiklund e Fagerström, 1977; Iwasa and Levin 1995; Jonzén *et al.* 2007; Gordo *et al.*, 2007a).

A temperatura média global aumentou cerca de 0.6 °C durante o século passado e deverá continuar a crescer a uma taxa rápida (Gordo e Sanz, 2006). Um número crescente de estudos relataram mudanças de longo prazo numa grande variedade de parâmetros ecológicos acompanhados por mudanças mensuráveis em determinados organismos (Sanz, 2002; Sparks & Menzel, 2002; Walther *et al.*, 2002). A evidência desta afinação entre a fenologia e o ambiente são as rápidas alterações detetadas nos ciclos de vida de uma grande variedade de espécies, principalmente em resposta às recentes mudanças climáticas (Parmesan e Yohe 2003; Root *et al.* 2003, 2005; Gordo *et al.*, 2007a). Estes estudos fornecem a evidência irrefutável de que os organismos estão a reagir a uma mudança global de clima (Parmesão e Yohe, 2003; Raiz *et al.*, 2003, 2005; Gordo e Sanz, 2006).

Em contraste com a significativa atenção prestada recentemente às mudanças temporais em traços fenológicos, a variabilidade espacial da fenologia permanece pouco estudada. É necessário mais conhecimento sobre a descrição de padrões de variação espacial de fenologia, mas também é preciso procurar os potenciais mecanismos ambientais, biológicos ou evolutivos, que os ajudam a moldar (Gordo *et al.*, 2010).

Resposta aos Desafios Diários

Nos insetos da Ordem *Hymenoptera* (as asas têm a forma de membrana), onde se incluem as abelhas de mel, um comportamento especializado chamado “vôo de aprendizagem”, é executado por um inseto em aprendizagem acerca de marcos ao redor do seu sítio de nidificação ou por causa da recém-descoberta de fontes de alimentos; durante estes vôos, os insetos adquirem a informação visual que eles usam para relocalizar o ninho ou o sítio de alimentação (Opfinger, 1931; Tinbergen, 1932; vanIersel e van den Assem, 1964; vonFrisch, 1967; Wehner, 1981; Lehrer, 1991, 1993).

Tal modulação adaptativa de recolha de informação tem sido estudada no contexto da vigilância antipredatória durante o pastoreio (Lima, 1987; Bednekoff e Lima, 1998; Cowlshaw *et al.*, 2004; Wei e Dyer, 2009), no sono (Rattenborg *et al.*, 1999; Wei e Dyer, 2009) e no contexto da procura de novos trilhos na exploração dos habitats (Krebs *et al.*, 1978; Stephens e Krebs 1986; Shettleworth, 1998; Wei e Dyer, 2009).

As atividades diárias da abelha de mel, principalmente o pastoreio num ambiente variável apresenta um problema clássico de tomada de decisões com informações incompletas. Os animais devem acompanhar a mudança do ambiente, lembrar-se das melhores opções e fazer as suas escolhas em conformidade (Dunlap e Stephens, 2012). Mas como é que as abelhas de mel fazem escolhas quando formaram várias memórias num determinado contexto comportamental? A resposta a esta pergunta provavelmente virá através da integração de estudos comportamentais acerca desta aprendizagem ativa com dados neurobiológicos sobre a dinâmica de formação de memória e tomada de decisão das abelhas (Menzel e Erber, 1978; Montague *et al.*, 1995; Menzel, 1999).

Adaptação às Mudanças Climáticas

Os insetos são organismos, especialmente adequados, para monitorizar a mudança de clima devido às suas características biológicas. Os insetos são pequenos e poiquilotérmicos (não têm um mecanismo interno que regule a temperatura do seu corpo, assim, o seu corpo permanece com temperatura variável, consoante a que existe no meio onde está inserido), portanto a sua termorregulação e consequentemente a sua atividade são fortemente afetadas pela variabilidade do clima. Por exemplo, temperaturas mais altas podem acelerar as suas taxas de desenvolvimento (Gordo e Sanz, 2006). Quando os organismos alteram os seus ciclos de vida em resposta às alterações climáticas, é de suma importância saber com que extensão, as respostas fenológicas das espécies, irão igualar as alterações dos seus ambientes (Visser e Both 2005; Gordo *et al.*, 2007).

Muitos insetos originam várias gerações num ano, e porque os seus ciclos de vida são mais curtos do que a maioria das espécies de vertebrados ou de plantas, eles podem, potencialmente, oferecer respostas evolutivas mensuráveis ao longo de um período mais curto de tempo. Em alguns casos, várias gerações por ano, permitiram aos insetos evoluir rapidamente em resposta às mudança climáticas presentes (Rodríguez-Trelles e Rodríguez, 1998; Bradshaw e Holzapfel, 2001; Umina *et al.*, 2005; Gordo e Sanz, 2006). Além deste fator, a abelha de mel apresenta outra vantagem a este nível, que lhe permite suportar e responder de forma mais eficaz a uma alteração no clima: hiberna como adulto, assim pode reagir de forma rápida ao aumento das temperaturas durante a primavera, porque ao contrário de alguns insetos que hibernam sobre forma de pupa ou larva e têm de completar fases do seu ciclo de vida ao sair da letargia da hibernação, a

abelha de mel só tem de sair da letargia para enfrentar as condições ambientais (Gordo e Sanz, 2006; Gordo *et al.*, 2010).

A assimetria entre o foco temporal e espacial da atual pesquisa acerca da fenologia dos insetos pode restringir a capacidade de compreender totalmente os fatores que a influenciam, e impossibilitar previsões precisas sobre o impacto das alterações climáticas na mesma (Gordo *et al.*, 2010). Portanto, um melhor conhecimento dos fatores que regem a variabilidade espacial da fenologia é essencial para entender como e porquê a fenologia está a mudar com o tempo.

3. METODOLOGIA

Uma ideia que atrai sempre um Apicultor é poder estimar a quantidade e qualidade das futuras colheitas; são enormes porém, as dificuldades, que se apresentam face ao grande número de variáveis em jogo. Na apicultura, nomeadamente para a elaboração de ante projetos de exploração e antevisão de resultados, parece que seria útil poder elaborar uma análise de potencial produtivo (entraria na equação do projeto como elemento de grande ponderação) adaptada e específica ao projeto em causa, pretende-se, com o presente estudo, elaborar uma metodologia para uma possível análise.

Avaliação Analítica

Existe um método de avaliação do potencial produtivo de mel de uma determinada área, que consiste na análise de dados de produção de mel, obtidos em diferentes colmeias instaladas em diferentes locais, e através da quantificação do mel produzido, distinguem-se as áreas que terão potenciais produtivos mais elevados. Este método é realizado através do uso de colmeias de escala. Estas são colmeias de abelhas de mel colocadas sobre uma balança de escala fixa durante a estação de crescimento da colónia, e onde leituras diárias ou semanais do peso cumulativo que a colmeia vai ganhando durante o fluxo de néctar podem ser medidas e contabilizadas para estudo.

Em geral, as métricas associadas às colmeias de escala podem dar uma representação muito útil dos sincronismos do fluxo de néctar em que as abelhas são coletoras generalistas (recolhem néctar de diferentes plantas no mesmo período) ou especialistas (recolhem néctar de uma planta em particular, num período de tempo significativo) e permitem começar a classificação do ambiente sem ter que recorrer a um acompanhamento individual de um grande número de plantas que possam estar em floração e assim descortinar as respostas das abelhas a cada espécie individualmente (Nightingale *et al.*, --).

Avaliação Preditiva

Compreender os fatores que regulam as populações e comunidades de abelhas, e a sensibilidade de algumas características da abelha a estes fatores, permitem opções de gestão específicas para as espécies individuais, mas também para a sua gestão enquanto um todo. Um primeiro passo é identificar os requisitos de recursos da espécie de abelha em estudo, para garantir que a quantidade adequada e a qualidade destes são fornecidos espacial e temporalmente à espécie. Estes incluem o alimento (pólen, néctar, etc.), o

assentamento (substratos e materiais de construção) e condições abióticas (clima e topografia) adequadas. A distribuição de recursos deve cair dentro das escalas de alcance/ou dispersão da espécie de abelha considerada (Westrich, 1989; Murray *et al.*, 2009).

Assim, para elaboração de uma metodologia que possa permitir prever e classificar diferentes áreas consoante o seu potencial para produção de mel, deverão alencar-se e estudar-se os fatores, que , mais se evidenciam na capacidade, dentro de uma determinada área, para receber e potenciar o desenvolvimento dos enxames e consequentemente na sua capacidade para gerar produtos apícolas. Assim, é a partir do estudo dos fatores, apresentados no ponto 3.1, que será avaliada uma zona, comparando o potencial produtivo de diferentes áreas no interior dessa zona.

No caso do presente estudo, serão apenas abordados o alimento e as condições abióticas, uma vez que o assentamento já entra na esfera de controlo do Apicultor.

3.1.A Modelação do Potencial de Produção de Mel

Cada fator tem uma influência diferente no desenvolvimento do enxame, e nas tarefas por este praticadas (inclusive a produção de mel), assim importa distinguir e hierarquizar as diferentes variáveis dentro de cada um e a sua relação com o Potencial Produtivo de Mel, isto será feito através de atribuição de diferentes níveis de uma escala a cada condicionante existente dentro de cada fator selecionado. Assim irá adotar-se uma escala que classificará as diferentes áreas da zona em estudo em quatro categorias de Potencial Produtivo de Mel distintas, enumeradas de seguida:

- Muito Elevado
- Elevado
- Razoável
- Fraco

Para comparar e classificar as diferentes áreas, serão utilizados os fatores que se mostraram mais influentes para o maior, ou menor, Potencial Produtivo de Mel, os quais serão abordados de seguida. Posteriormente em cada um, serão ponderadas as suas características demarcantes e classificadas de acordo com o seu grau de influência no Potencial Produtivo de Mel da área em análise.

Zona Climática

Alguns autores consideram que, os efeitos mais significativos do tempo, positivos ou negativos, sobre a produtividade de uma colônia, são predominantemente indiretos. Temperaturas altas e níveis de precipitação suficientes estão correlacionados com a produção aumentada de néctar (Shuel, 1992; vanEngelsdorp e Meixner, 2010), que por sua vez se traduz numa maior produtividade da colônia (Voorhies *et al.*, 1933). Por outro lado, chuva em momentos inoportunos ou chuva insuficiente pode ter um efeito negativo sobre a produtividade da colônia. Mas o estado do tempo também tem um efeito direto na produtividade da colônia. Por exemplo, temperaturas ambientes mais altas tendem a aumentar a produtividade da colônia devido à diminuição das necessidades metabólicas das obreiras que efetuam o pastoreio (Harrison e Fewell, 2002), enquanto longos períodos de chuva e/ou clima frio têm um efeito negativo sobre a produtividade já que as abelhas permanecem na colmeia (vanEngelsdorp e Meixner, 2010).

Roubik, 1989, realizou um estudo onde confirmou que as condições de mau tempo afetam as atividades das abelhas de mel: durante o pastoreio, estas abelhas voaram distâncias significativamente menores em condições de mau tempo, mesmo com densidades de flor aproximadamente semelhantes a períodos com condições climáticas favoráveis. Pasquet *et al.*, 2008, confirmou aferindo que as distâncias de pastoreio mais curtas (menos de 100 metros), registadas noutro estudo, foram executadas durante as tais condições de mau tempo.

Assim o clima tem um efeito real no bem-estar e produtividade da colônia. Longos períodos de tempo frio/quente ou chuvoso têm sido responsabilizados pela grave mortalidade de colônias, muitas vezes inexplicáveis, no passado (Kauffeld *et al.*, 1976). Os apicultores identificaram um inverno rigoroso como o quarto mais importante fator que contribui para a mortalidade de Inverno (vanEngelsdorp *et al.*, 2008; vanEngelsdorp e Meixner, 2010).

Exposição

O local de instalação do apiário deverá recair sobre um local, tanto quanto possível exposto para Sul (Biri e Albert, 1979). Recordati, 1976, refere também que para além do solo do apiário evidenciar uma perfeita drenagem da água, deve preferencialmente,

ser exposto a sul. Assim a exposição preferencial a Sul, é muito importante, pois ajuda a manter o sítio seco e permite que o ar frio se afaste das colónias (Hooper, 1976).

Declive

O declive é um factor que entra na equação devido à sua preponderância no trabalho do apicultor. O declive assume importância uma vez que quanto maior for o declive, mais difíceis e trabalhosas serão todas as atividades inerentes à atividade apícola e assim a probabilidade de ocorrerem erros e/ou problemas será também maior. Em consequência destas dificuldades o potencial produtivo de mel será também afetado.

Geadas

A geada é um fator relevante, pois como referido anteriormente, sendo as abelhas de mel animais poiquilotérmicos, precisam de uma temperatura ambiente adequada nas suas atividades para assim conseguirem atingir os níveis de atividade necessários às suas tarefas. Sendo possível, os apiários devem ser instalados em zonas com o mínimo de dias com geadas, já que a temperatura nestes dias baixa alguns graus em relação a outras regiões circundantes, diminuindo assim bastante o nível de atividade de abelhas de mel (Hooper, 1976).

Flora Melífera

É fundamental conhecer muito bem a flora da zona onde se opera; várias florações proporcionais, com plantas de famílias diferentes que floresçam de forma escalonada (primavera, verão, outono), constituem o ambiente adequado para o apiário, e que potencia maiores níveis de produção (Biri e Albert, 1979). Por estes motivos, as investigações preliminares sobre as condições nectaríferas ou florais de uma determinada zona, com objetivo de se determinar a possibilidade de exercício da apicultura, devem incidir na existência, da presumível zona de vôo, de plantas ou flores adequadas (Recordati, 1976).

Risco de Incêndio

Existem vários outros fatores condicionantes que podem fazer diminuir o potencial produtivo de mel de uma colmeia. Assim é necessário ponderar outras pressões como a pastagem (Vulliamy *et al.*, 2006; Murray *et al.*, 2009) e o fogo (Potts *et al.*, 2003; Murray *et al.*, 2009) que modulam a disponibilidade de recursos na paisagem, assim a gestão dos regimes de pastoreio e de queimas, são práticas que, fundamentalmente,

podem alterar a qualidade (mais elevada) de habitat para as abelhas para as abelhas de mel. No caso do presente estudo, apenas se vai considerar o risco de incêndio.

3.2.As Bases de Dados e o Software

O recurso a um Sistema de Informação Geográfica neste trabalho é fundamental uma vez que permite a fusão e sobreposição de informação qualitativa e quantitativa derivada das variáveis a considerar e tem como objectivo principal ser um instrumento de análise que sustente, através da produção de cartografia temática georreferenciada, a definição e delimitação geográfica de áreas com diferentes Potenciais Produtivos de Mel.

Neste estudo o software utilizado foi o ArcMap, que é um software de Sistemas de Informação Geográfica criado pela ESRI (Environmental Systems Research Institute). Foi escolhido para este estudo o ArcMap, pela possibilidade de visualização de associações de informação geográfica e de diversos modelos a diferentes escalas, além disto este software também permitiu perceber as relações existentes na informação espacial geográfica disponível bem como o respetivo tratamento de dados, operações de análise, conversão e cálculo geográfico e a realização das saídas gráficas.

3.3.Áreas de Exclusão

Por motivos legais, ou simplesmente por impedimento ou impossibilidades geofísicas não é possível instalar colmeias e produzir mel em todos os lugares, assim importa conhecer estas áreas que serão de exclusão na avaliação do Potencial Produtivo de Mel. Segundo o Decreto-Lei nº 203/2005 de 25 de Novembro, que estabelece o regime jurídico da actividade apícola e as normas sanitárias para defesa contra as doenças das abelhas de mel, existem locais onde não se podem instalar colmeias, assim e segundo o mesmo decreto-lei, os apiários devem estar implantados a mais de:

- 50 m da via pública;
- 100 m de qualquer edificação em utilização.

Por via pública entende-se a rede viária disponível para circulação da população, serão também consideradas zonas de exclusão as águas interiores e zonas húmidas e os territórios artificializados que englobam o tecido urbano; áreas de indústria, comércio e transportes; áreas de extracção de inertes, áreas de deposição de resíduos e estaleiros de

construção; espaços verdes urbanos, equipamentos desportivos, culturais e de lazer, e as zonas históricas.

3.4. Processo Analítico Hierárquico

De acordo com a pesquisa realizada no presente estudo houveram certos factores que se demarcaram como sendo mais, ou menos, influentes no Potencial Produtivo de Mel. Para validar o grau de importância que foi atribuído a cada um e para calcular o seu peso relativo dentro da avaliação utilizou-se o método de Processo Analítico Hierárquico (AHP - Analytic Hierarchy Process). Este método, é um técnica de decisão multicritério que decompõe um problema complexo numa hierarquia, em que cada nível é composto por elementos diferentes, e os critérios, subcritérios e as alternativas de decisão estão nos níveis descendentes desta hierarquia (Saaty, 1980; Saaty e Vargas, 1982). Assim, torna-se necessário hierarquizar os factores (podendo também haver factores com a mesma ordem de importância), de forma a atribuir importâncias diferentes nas suas relações de influência com o problema em análise.

Com a ordem hierárquica estruturada para o problema, é necessário fazer comparações, par-a-par, para cada nível da hierarquia, para podermos obter o peso de cada fator, ou seja, a sua ponderação dentro da análise do problema (Saaty, 1980; Saaty e Vargas, 1982; Saaty, 1994).

Existem diversas escalas de priorização para incorporar na aplicação deste método, no caso do presente estudo optou-se por usar a seguinte, proposta por Saaty (1980):

Quadro 3.1 – Escala de priorização para as comparações par-a-par.

Importância	Definição	Explicação
1	Sem priorização	Dois fatores contribuem igualmente para o objetivo
3	Priorização Moderada	A avaliação valoriza ligeiramente um fator
5	Priorização Forte	A avaliação valoriza fortemente um fator
7	Priorização Muito Forte	É evidente a dominância de um elemento sobre o outro
9	Extremamente Prioritário	Evidência total da prevalência de um fator sobre o outro
2, 4, 6, 8	Valores Intermédios (não usados no presente estudo)	

Fonte – Adaptado de Saaty, 1980.

Quando as comparações par-a-par, entre os fatores estão definidas, torna-se necessário validar as comparações adoptadas e calcular a ponderação (ou grau de influência) que cada fator exerce no cálculo do problema. A aplicação deste processo está exemplificada no ponto 4.4.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1.O concelho de Ponte de Lima

A área em estudo considerada é a respeitante ao concelho de Ponte de Lima. Esta área foi escolhida, visto apresentar áreas agrícolas e florestais relevantes, e por apresentar um cariz demarcadamente rural na maior parte da sua extensão, que poderá ser um potenciador de uma maior apetência para a produção de mel. A sua heterogeneidade a nível abiótico, foi também um motivo que pesou na escolha do concelho de Ponte de Lima para área de estudo, visto poder haver uma maior probabilidade para se poderem distinguir com maior nitidez, possíveis áreas com diferentes níveis de potencial produtivo de mel.

A área em estudo engloba as zonas climáticas, descritas no quadro seguinte:

Quadro 4.1 - Zonas climáticas existentes no concelho de Ponte de Lima.

Zona climática	Temperatura média anual (°C)	Temperatura média mês mais quente (°C)	Altitude (m)
Terra Temperada Fria	$10,5 < T \leq 12,5$		600/700-900/1000
Terra de Transição	$12,5 < T \leq 14,0$		400/500-600/700
Terra Temperada Quente Atlântica	$14,0 < T \leq 16,0$	< 20	250-400
Terra Temperada Quente Litoral	$14,0 < T \leq 16,0$	> 20	< 250

Fonte: Adaptado de Agência Portuguesa do Ambiente, 2012.

Como referido no ponto 3.3 existem áreas interditas à instalação de colmeias, pelo que se consideram de exclusão no presente estudo, assim importa conhecer, quais são estas áreas, existentes no concelho de Ponte de Lima, estão representadas na figura 4.1.

No concelho de Ponte de Lima as áreas de exclusão englobam uma 15.306 hectares, o que corresponde a uma percentagem de 47,8% da área total do concelho que é de 32.027 hectares. À partida, podemos logo inferir que quase metade do concelho está interdita à instalação de colmeias principalmente por causa da enorme dispersão de focos de habitação e da margem de proteção consagrada a estes (100 metros).

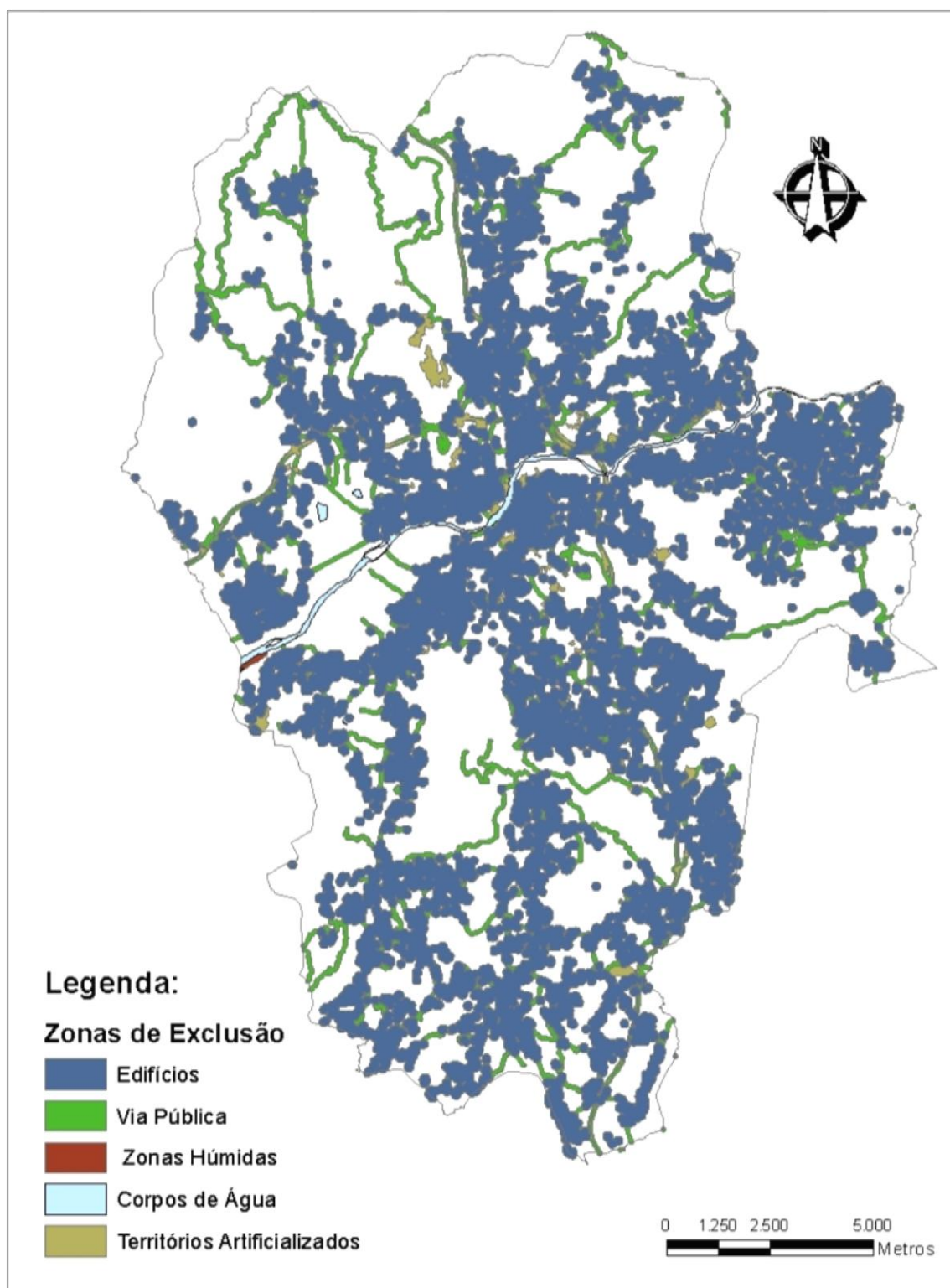


Figura 4.1 – Zonas de Exclusão existentes no concelho de Ponte de Lima.

Fonte: Adaptado de Instituto Geográfico Português, 2012.

4.2. Cartografia dos Fatores

Importa agora apresentar a conversão das diferentes condicionantes selecionadas para os diferentes níveis da escala de potencial produtivo de mel, em cada critério selecionado:

Zona Climática

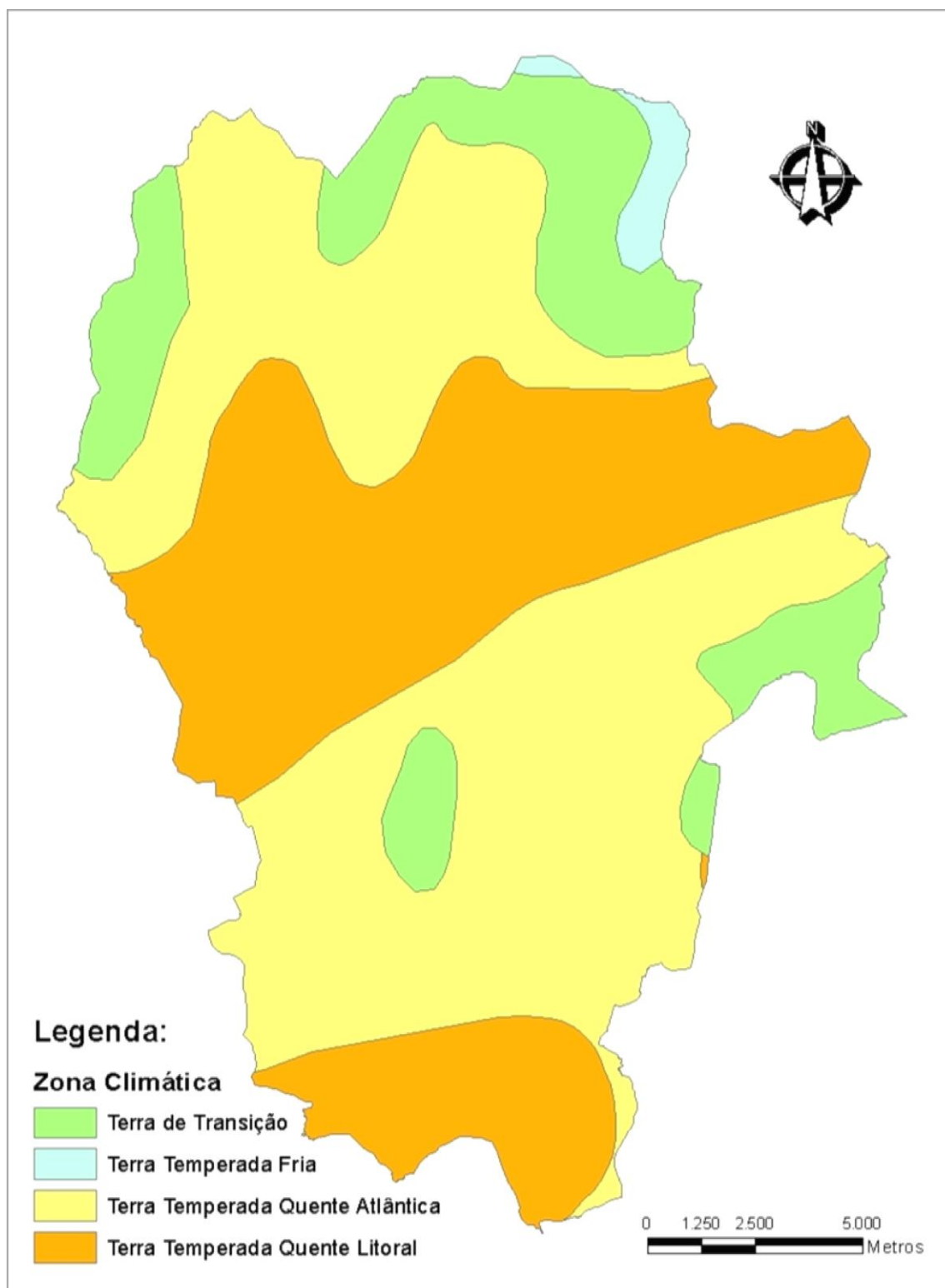


Figura 4.2 - Zonas Climáticas existentes no concelho de Ponte de Lima.

Fonte: Adaptado de Agência Portuguesa do Ambiente, 2012.

Exposição

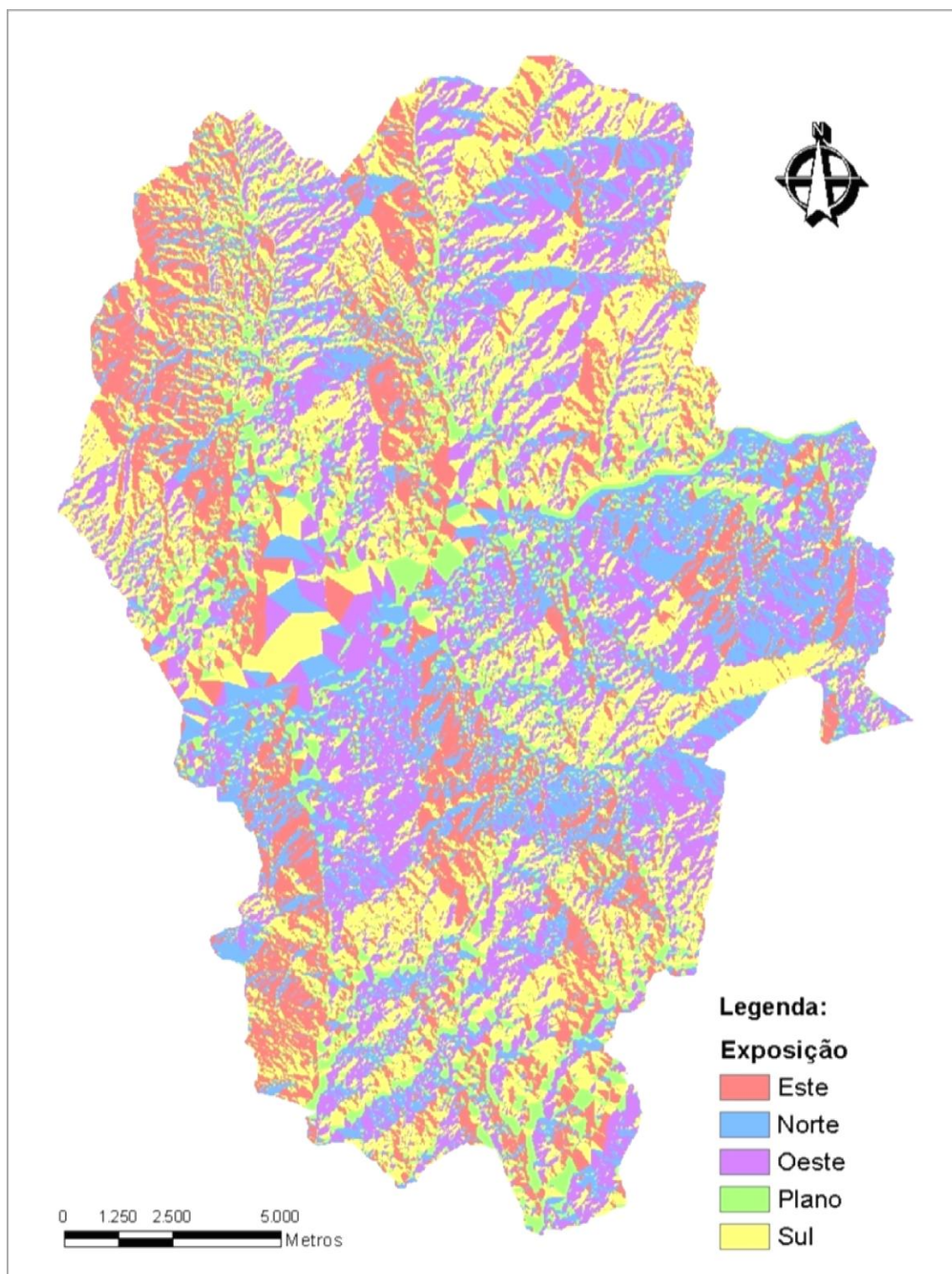


Figura 4.3 - Exposições existentes no concelho de Ponte de Lima.
Fonte: Adaptado de Instituto Geográfico Português, 2012.

Declive

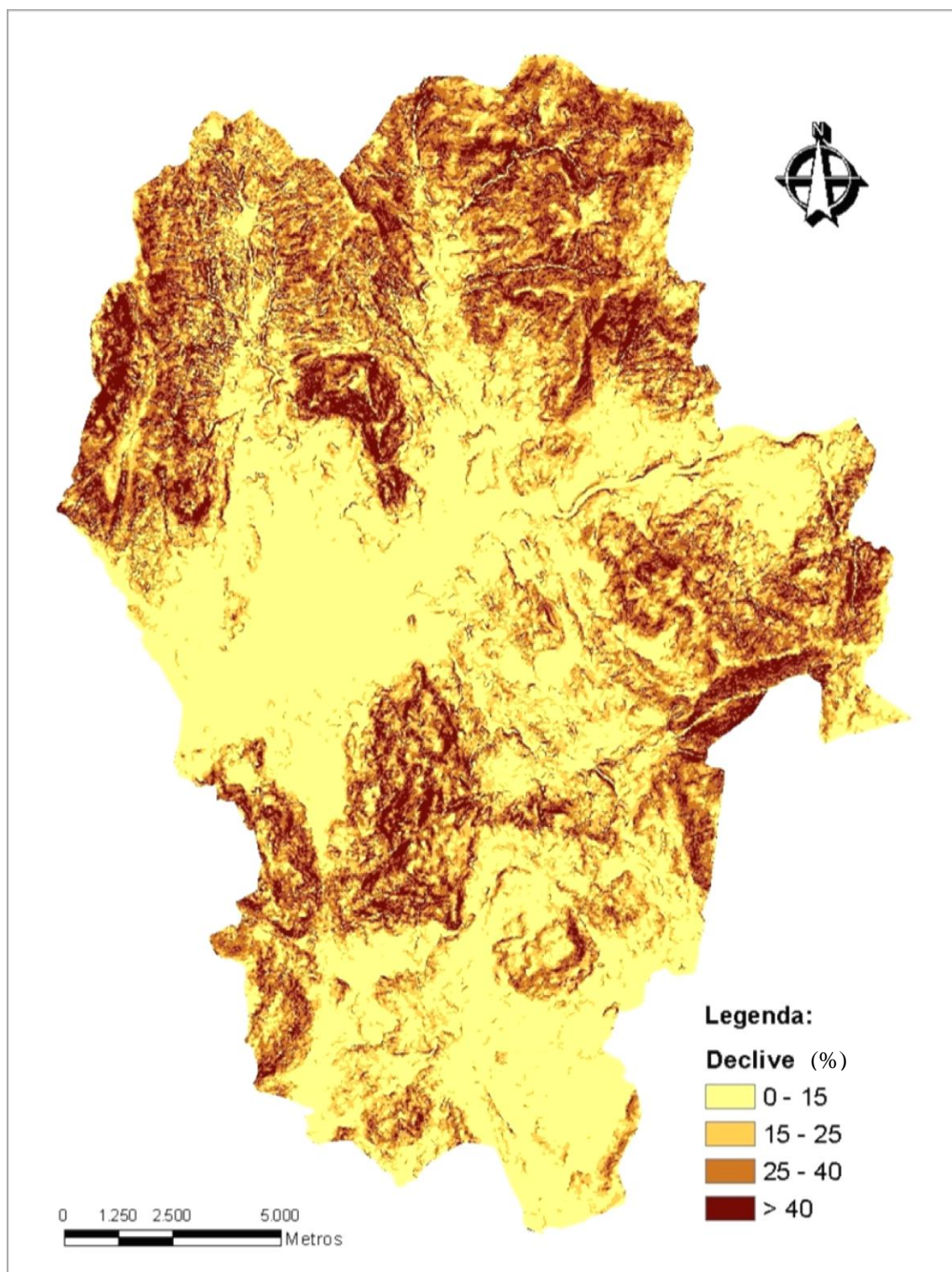


Figura 4.4 - Declives (%) existentes no concelho de Ponte de Lima.
Fonte: Adaptado de Instituto Geográfico Português, 2012.

Geadas

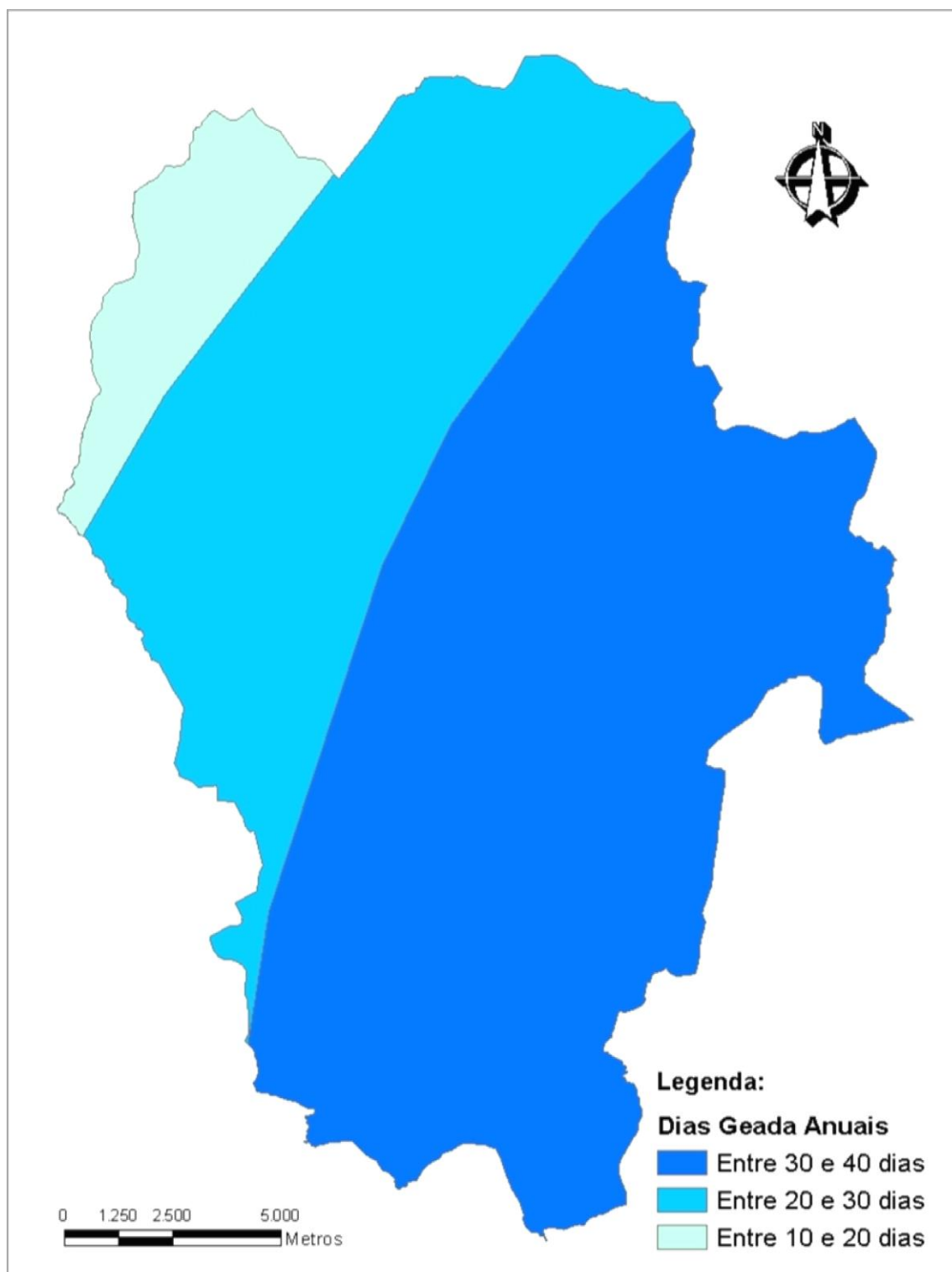


Figura 4.5 – Dias de Geadas Anuais existentes no concelho de Pontede Lima.
Fonte: Adaptado de Agência Portuguesa do Ambiente, 2012.

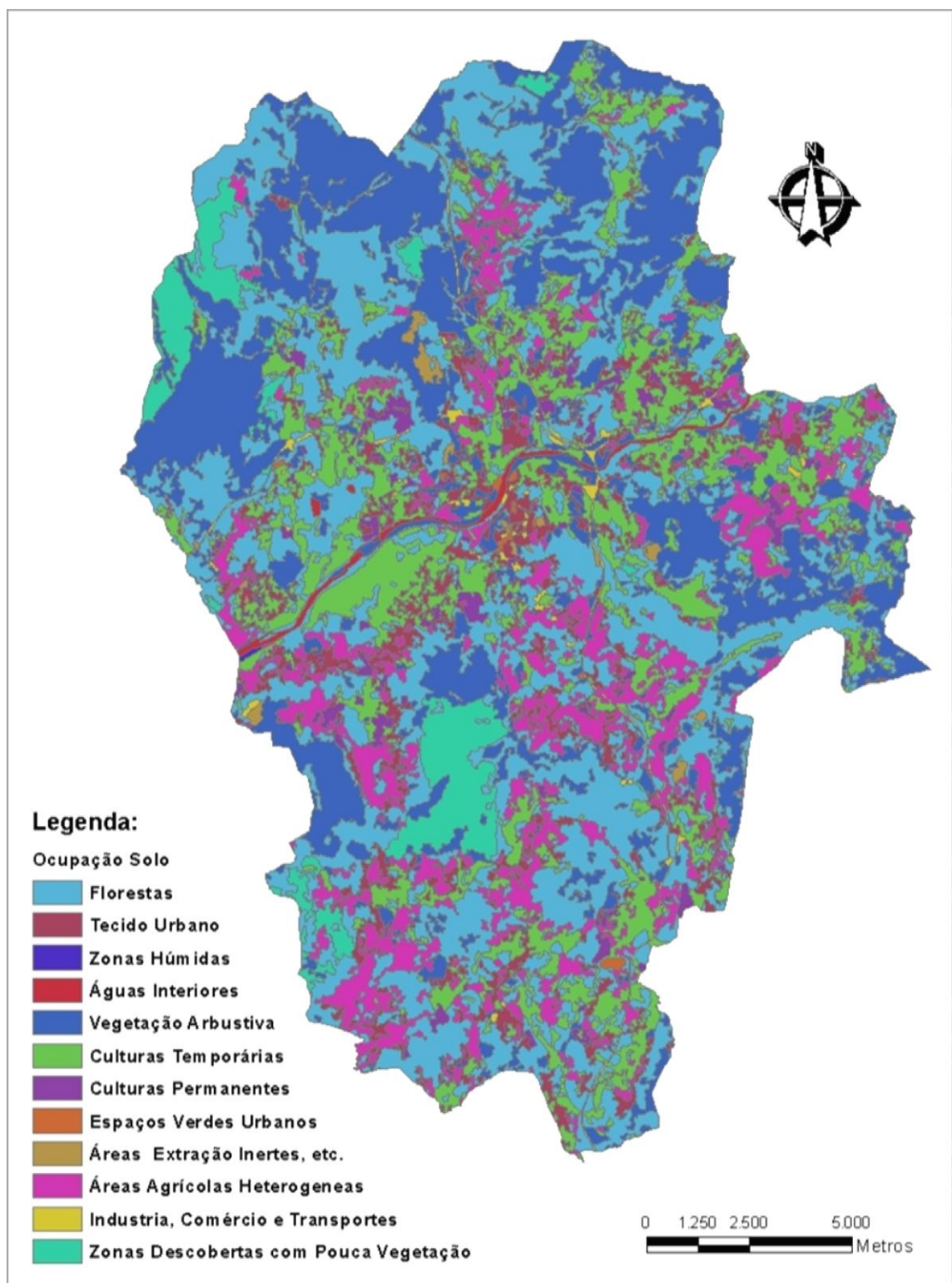


Figura 4.6 - Ocupações do Solo existentes no concelho de Ponte de Lima.
Fonte: Adaptado de Instituto Geográfico Português, 2012.

Risco de Incêndio

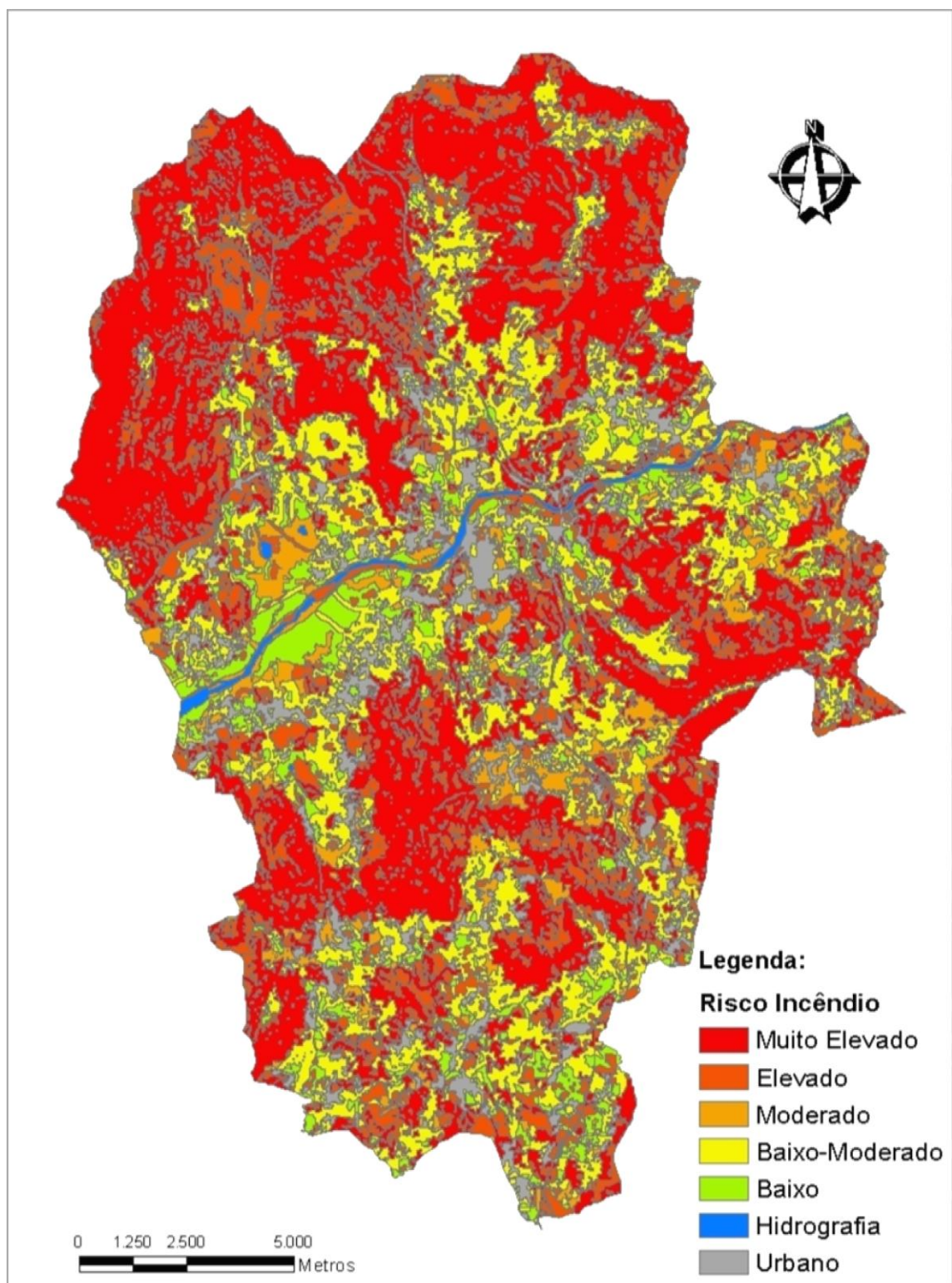


Figura 4.7 - Riscos de Incêndio existentes no concelho de Ponte de Lima.

Fonte: Adaptado de Instituto Geográfico Português, 2012.

4.3.O Potencial Produtivo de Mel no concelho de Ponte de Lima

Este estudo esforça-se em distinguir áreas com diferentes potenciais para a produção de mel. Para isso utiliza como recurso um Sistema de Informação Geográfica (para análise e conversão dos factores que entram no estudo e para realizar tratamento dos dados e saídas gráficas que facilitem a compreensão e análise dos resultados obtidos), e usa o método de Processo Analítico Hierárquico, como parte da metodologia deste estudo. Esta técnica permite classificar as áreas com base em atributos (Saaty e Vargas, 1982), e assim retratar as áreas com maior potencial produtivo de mel.

A aplicação da metodologia proposta permite combinar um Sistema de Informação Geográfica e a técnica de Processo Analítico Hierárquico proposta para identificar e classificar áreas, usando as técnicas estatísticas respectivas para validar os diferentes graus de influência que se atribuem aos fatores que entram na avaliação do Potencial Produtivo de Mel.

Dentro de cada fator existem diversas condicionantes, as quais terão diferentes influências no Potencial Produtivo de Mel. Torna-se então necessário estratificar as diferentes áreas dentro de cada fator atribuindo a cada uma um nível diferente relativo ao Potencial Produtivo de Mel, de acordo com as suas características específicas e a forma como estas podem potenciar, ou não, a produção de mel na área em estudo.

No quadro 4.2 resumem-se as condicionantes consideradas e a respetiva conversão nos diferentes níveis da escala de Potencial Produtivo de Mel, utilizados no presente estudo.

A seguir ao quadro 4.2, e para uma melhor compreensão e análise dos fatores envolvidos, apresentam-se as saídas gráficas respeitantes aos resultados da conversão das condicionantes das variáveis seleccionadas para os diferentes níveis da escala de potencial produtivo de mel:

Quadro 4.2 - Variáveis seleccionadas e conversão das condicionantes nos diferentes níveis de Potencial Produtivo de Mel.

Factor	Condicionante	Potencial Produtivo de Mel
Zona Climática	Terra Temperada Quente Litoral	Muito Elevado
	Terra Temperada Quente Atlântica	Elevado
	Terra de Transição	Razoável
	Terra Temperada Fria	Fraco
Exposição	Plano	Muito Elevado
	Sul	Elevado
	Oeste	Razoável
	Este	Razoável
Declive	Norte	Fraco
	0 a 15	Muito Elevado
	15 a 25	Elevado
	25 a 40	Razoável
Geada	Superior a 40	Fraco
	Entre 10 e 20 dias	Muito Elevado
	Entre 20 e 30 dias	Elevado
	Entre 30 e 40 dias	Razoável
Flora Melífera	Vegetação Arbustiva	Muito Elevado
	Florestas	Muito Elevado
	Áreas Agrícolas Heterogéneas	Elevado
	Culturas Temporárias	Elevado
Risco de Incêndio	Cultura Permanentes	Razoável
	Baixo	Muito Elevado
	Baixo-Moderado	Elevado
	Moderado	Razoável
	Elevado	Fraco
	Muito Elevado	Fraco
	Baixo	Muito Elevado

Zona Climática

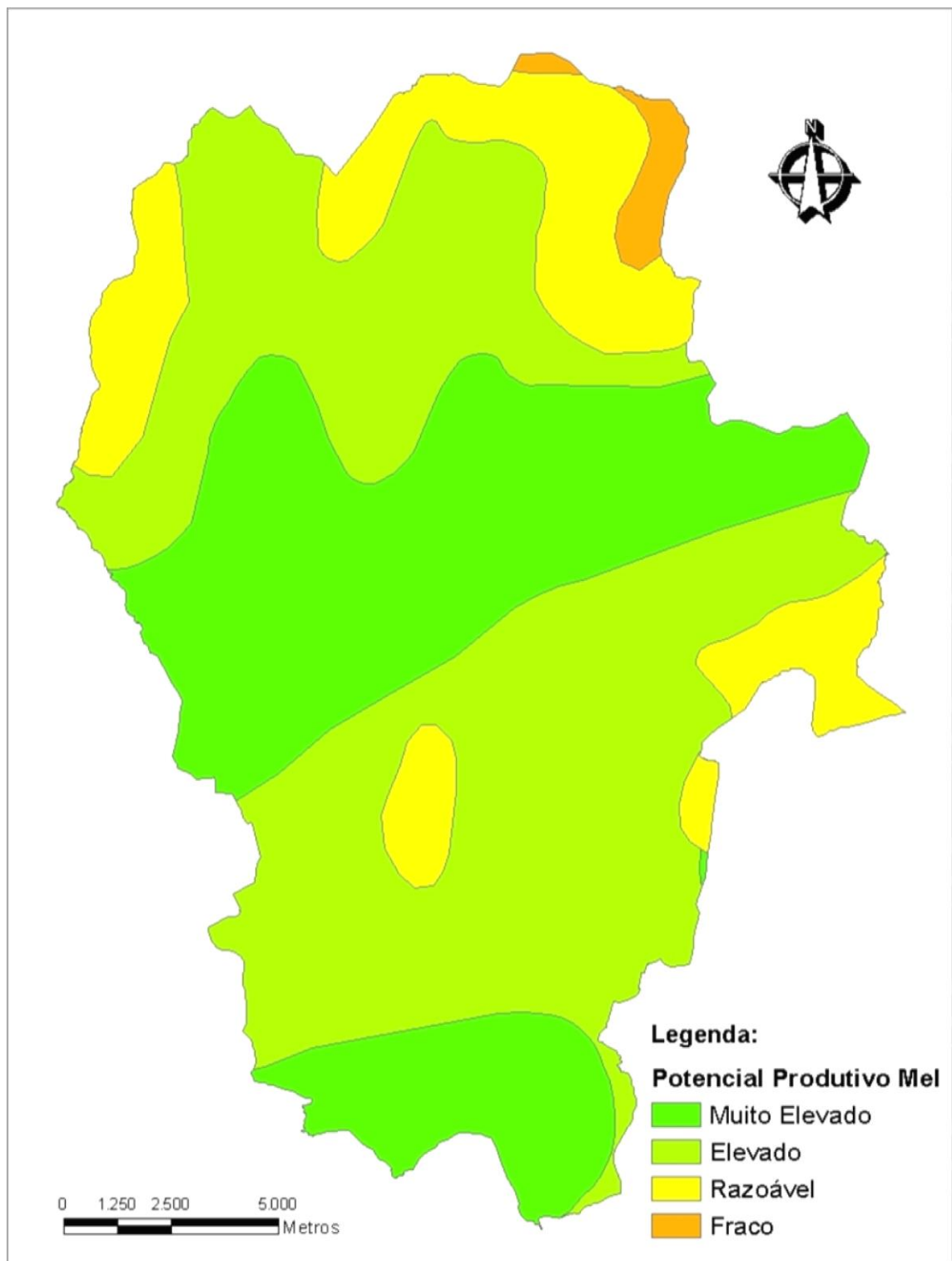


Figura 4.8 - Conversão das Zonas Climáticas em classes de Potencial Produtivo de Mel.

Exposição

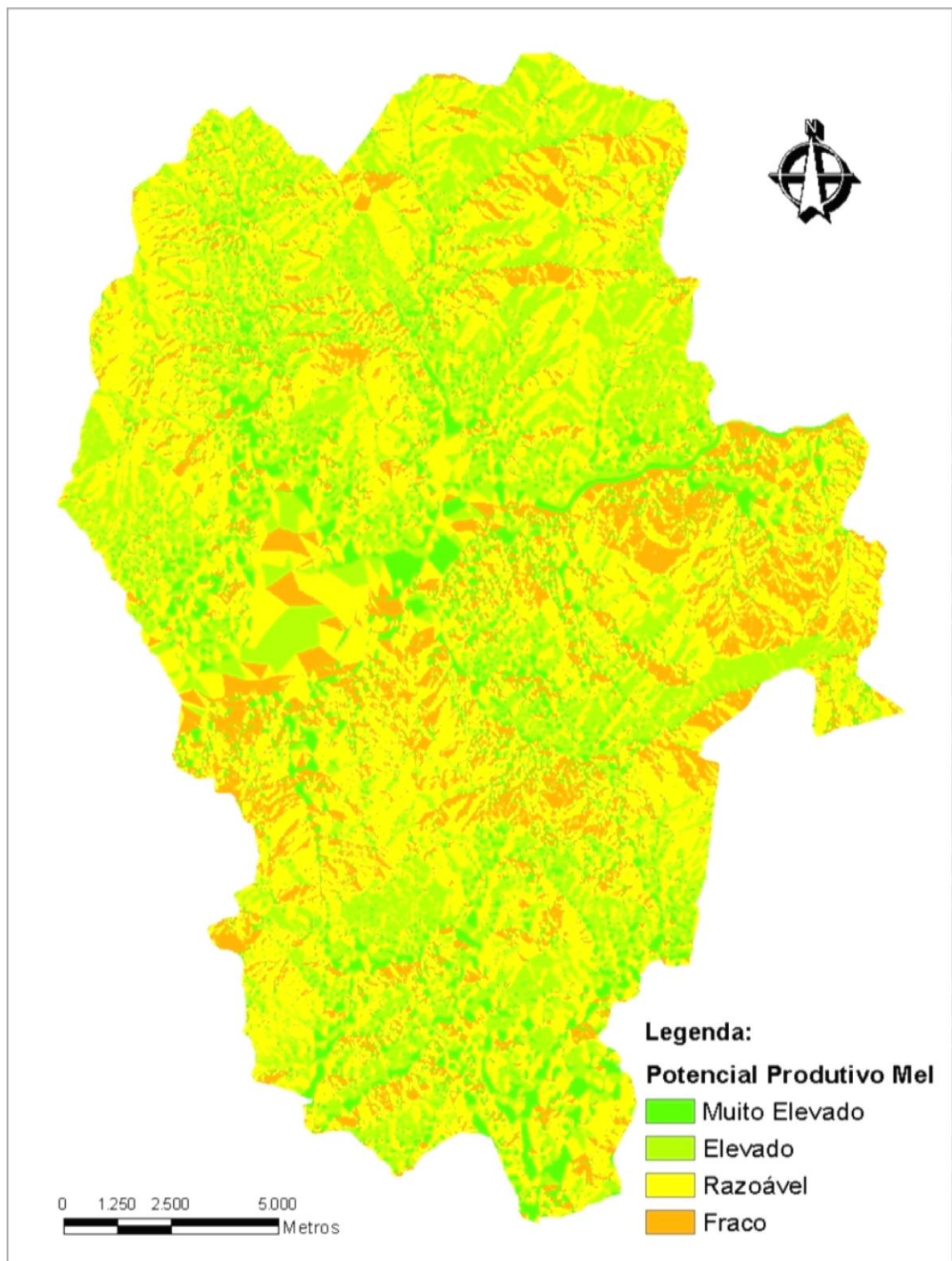


Figura 4.9 - Conversão das Exposições em classes de Potencial Produtivo de Mel.

Declive

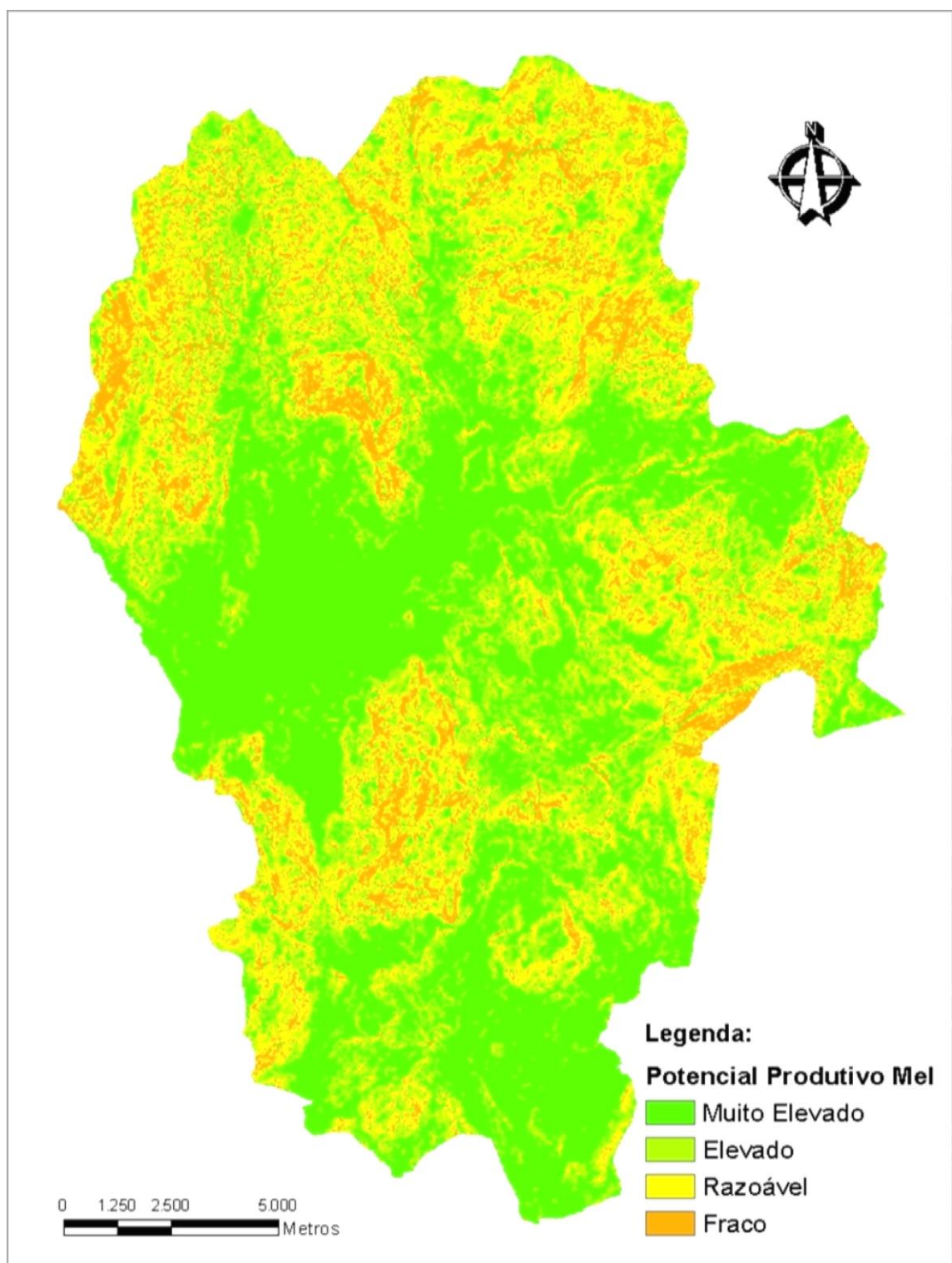


Figura 4.10 - Conversão dos Declives em classes de Potencial Produtivo de Mel.

Geadas

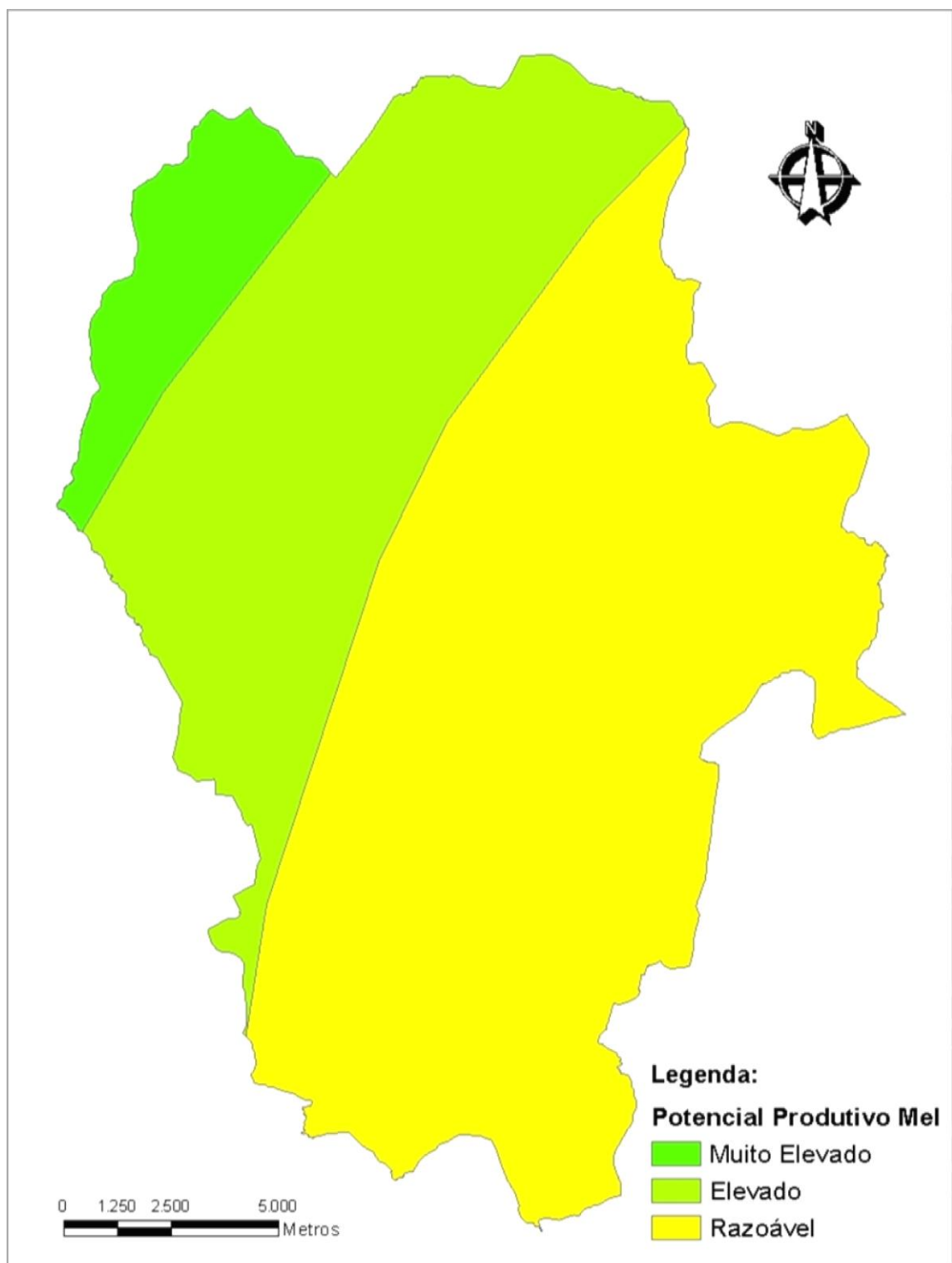


Figura 4.11 - Conversão dos Dias de Geadas Anuais em classes de Potencial Produtivo de Mel.

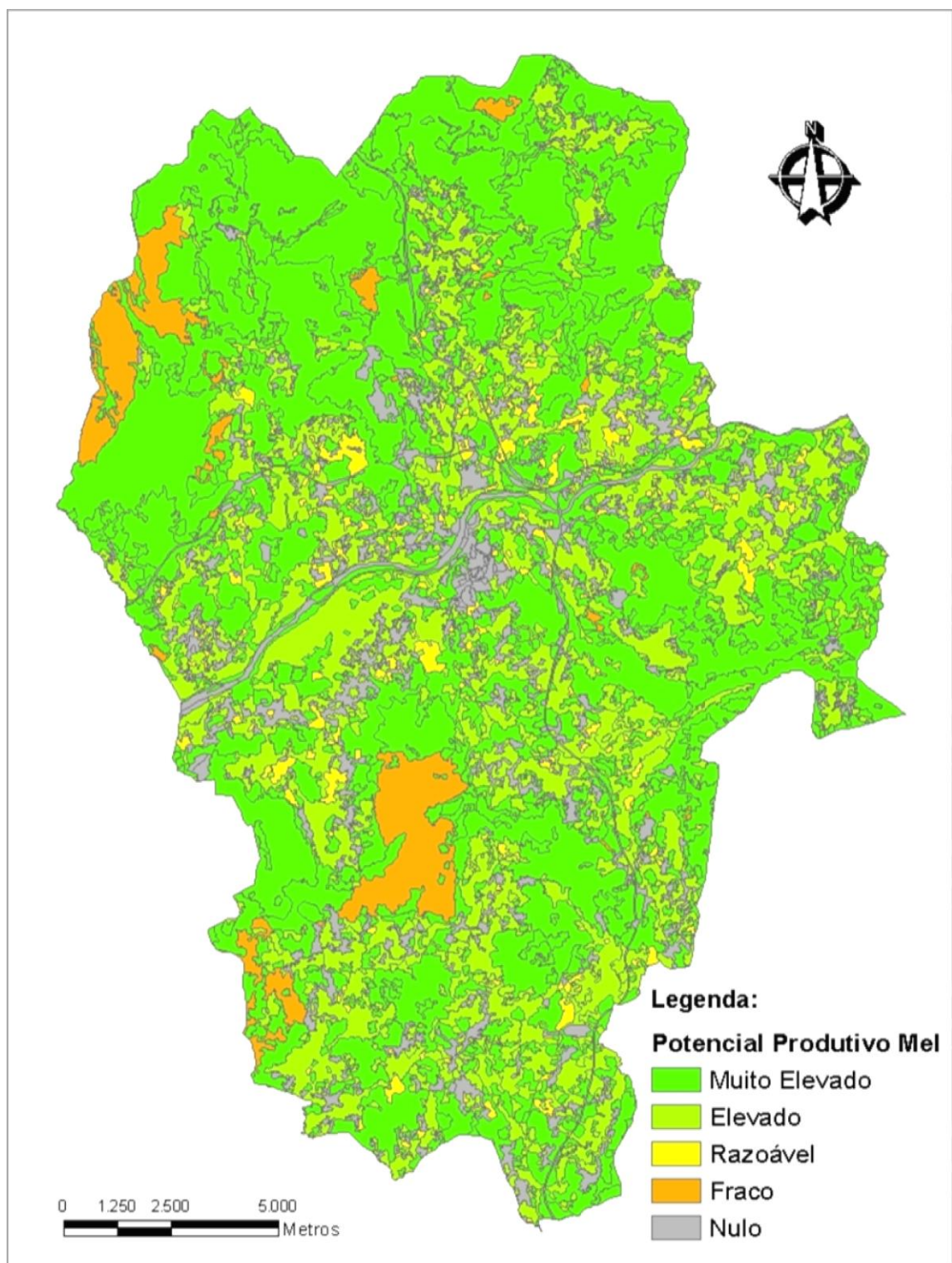


Figura 4.12 - Conversão das Ocupações do Solo em classes de Potencial Produtivo de Mel.

Risco de Incêndio

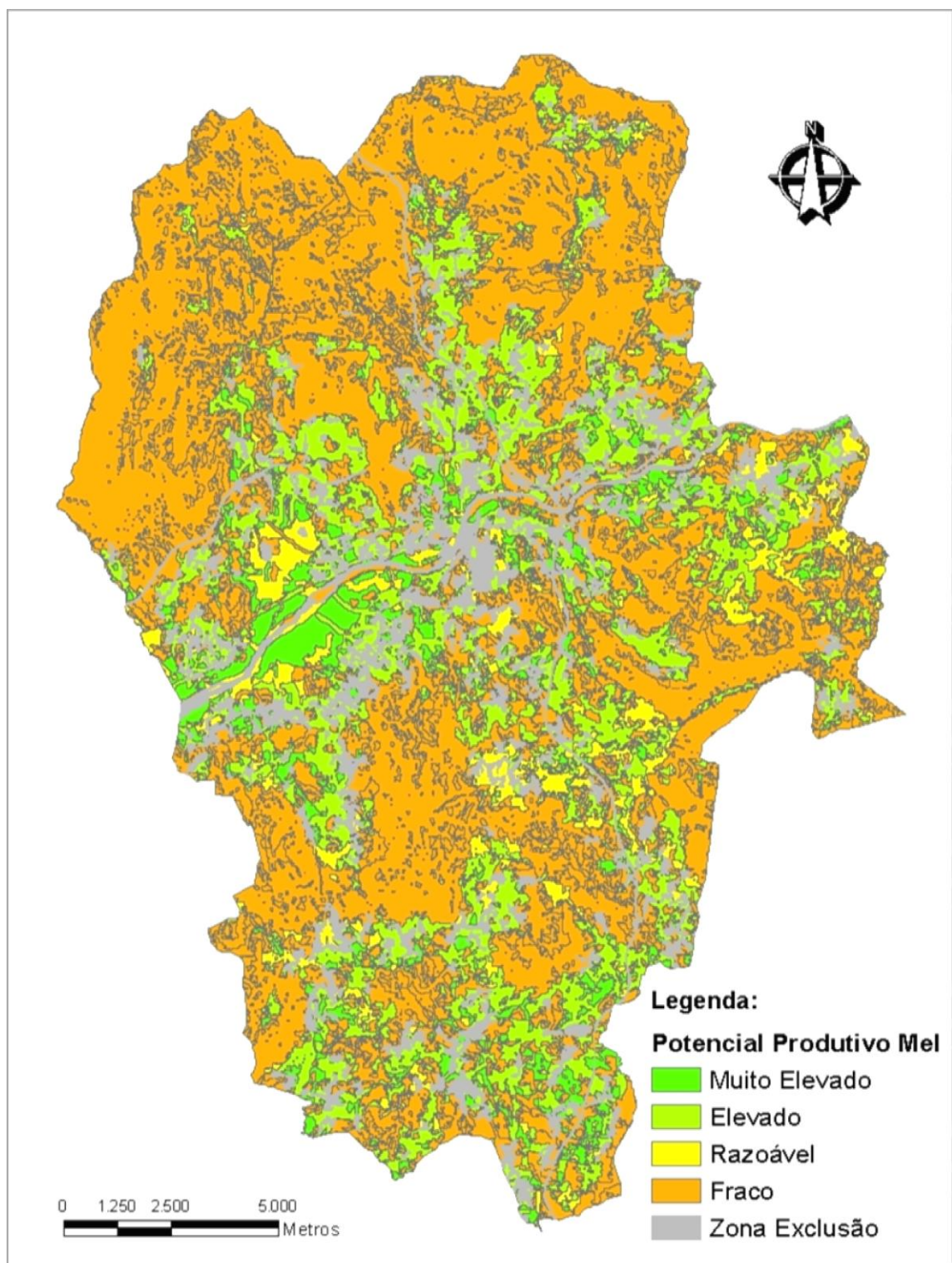


Figura 4.13 - Conversão dos Riscos de Incêndio em classes de Potencial Produtivo de Mel.

4.4. Modelação do Potencial Produtivo no concelho de Ponte de Lima

Primeiramente torna-se necessário considerar os fatores que podem influenciar o Potencial Produtivo de Mel, e com base na pesquisa bibliográfica efetuada, e de acordo com o grau de importância e influência que se decidiu atribuir a cada factor na influência sobre o Potencial Produtivo de Mel dentro da área em estudo, decidiu-se hierarquizar (1 – Mais Influyente a 6 – Menos Influyente), os factores abordados, de acordo com a seguinte ordem:

1. Flora Melífera;
2. Exposição;
3. Zona climática;
4. Declive;
5. Geadas;
6. Risco de Incêndio.

De seguida, consultando a escala proposta no quadro 3.1, e de acordo com o pesquisa realizada ao longo do estudo, realizam-se as comparações par-a-par dos atributos relacionados com todas as variáveis para posteriormente calcular a importância relativa dos elementos da hierarquia (ponderações).

Quadro 4.3 - Comparações das variáveis em estudo.

	Zona Climática	Exposição	Declive	Geadas	Flora Melífera	Risco Incêndio
Zona Climática	1	---	---	---	---	---
Exposição	3	1	---	---	---	---
Declive	1/3	1/5	1	---	---	---
Geadas	1/7	1/5	1	1	---	---
Flora Melífera	5	3	7	7	1	---
Risco Incêndio	1/5	1/7	1/3	1/3	1/9	1

De seguida, o valor recíproco (inverso) de cada comparação é colocado paralelamente na célula oposta ao eixo composto pelas comparações dos pares iguais, de forma a preservar a consistência e similaridade na atribuição dos valores de comparação (Saaty, 1980), de acordo com o quadro seguinte:

Quadro 4.4 - Finalização do quadro com as comparações recíprocas.

	Zona Climática	Exposição	Declive	Geda	Flora Melífera	Risco Incêndio
Zona Climática	1	<i>1/3</i>	<i>3</i>	<i>7</i>	<i>1/5</i>	<i>5</i>
Exposição	3	1	<i>5</i>	<i>5</i>	<i>1/3</i>	<i>7</i>
Declive	<i>1/3</i>	<i>1/5</i>	1	<i>1</i>	<i>1/7</i>	<i>3</i>
Geda	<i>1/7</i>	<i>1/5</i>	1	1	<i>1/7</i>	<i>3</i>
Flora Melífera	5	3	7	7	1	<i>9</i>
Risco Incêndio	<i>1/5</i>	<i>1/7</i>	<i>1/3</i>	<i>1/3</i>	<i>1/9</i>	1

De seguida, a comparação par-a-par do elemento 1 com o elemento 2 é colocado na posição a_{12} da matriz A de comparação de pares, como demonstrado de seguida:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}, \quad (a_{11}, a_{22}, a_{33}) = 1$$

Onde A corresponde à matriz de avaliação, a_{21} , a_{31} , a_{32} correspondem ao peso de cada comparação para as variáveis 1, 2 e 3, e a_{12} , a_{13} , e a_{14} para os pesos recíprocos. Nesta matriz, a_{11} , a_{22} e a_{33} correspondem à comparação entre a mesma variável, resultando numa comparação com o peso de 1 (igualmente importante) (Saaty, 1980; Saaty e Vargas, 1982).

O cálculo das comparações entre as variáveis resultou nos valores de ponderação expostos no seguinte quadro:

Quadro 4.5 - Resultados das ponderações.

	Raíz	Produto	Ponderação
Zona Climática	1,3831	1,0007	0,1475
Exposição	2,3650	1,5975	0,2521
Declive	0,5529	0,3607	0,0589
Geadas	0,4801	0,3326	0,0512
Flora Melífera	4,3327	2,9816	0,4619
Risco de Incêndio	0,2628	0,1819	0,0283

Com o cálculo das ponderações, pode-se avançar para a atribuição do nível de Potencial Produtivo de Mel, com recurso a um Sistema de Informação Geográfica, a cada píxel (representação gráfica) da área em estudo, para posterior incorporação em polígonos que representam áreas com diferentes níveis de potencial. Assim, cada píxel vai ter um valor atribuído, de acordo com a forma a seguir exemplificada:

Imagine-se que o píxel x (no caso do presente estudo representa uma área de 5×5 metros) está situado num local, que de acordo com os fatores em estudo tem as seguintes características:

Quadro 4.6 – Ponderações para cálculo do valor do píxel x .

Fator	Potencial Produtivo de Mel	Valor Atribuído	Ponderação
Zona Climática	Razoável	2	0,1475
Exposição	Elevado	3	0,2521
Declive	Muito elevado	4	0,0589
Geadas	Razoável	2	0,0512
Flora Melífera	Razoável	2	0,4619
Risco de Incêndio	Fraco	4	0,0283

Para calcular o valor do píxel usa-se a seguinte equação:

$$\text{Valor Píxel} = 2 \times 0,1475 + 3 \times 0,2521 + 4 \times 0,0589 + 2 \times 0,0512 + 2 \times 0,4619 + 4 \times 0,028 \Leftrightarrow \text{Valor Píxel} = 2,5277$$

Assim a área correspondente ao píxel x considera-se como tendo um nível de Potencial Produtivo de Mel Elevado, de acordo com as diferentes classes, para classificação individualizada dos píxeis representativos da área em estudo. De seguida, apresenta-se um quadro com diversos valores de píxeis aleatórios e o seu enquadramento dentro de classes correspondentes a diferentes níveis de Potencial Produtivo de Mel:

Quadro 4.7 – Classes de níveis de Potencial Produtivo de Mel.

Píxel	Valor	Classe	Potencial Produtivo de Mel
a	0,2564]0 a 1[Fraco
b	1,988	[1 a 2[Razoável
x	2,5277	[2 a 3[Elevado
c	3,026	[3 a 4]	Muito Elevado

Através desta forma de cálculo, e com recurso ao ArcMap, procede-se a uma generalização para toda a área de estudo, onde cada píxel (área de 25 m²), terá um valor de Potencial Produtivo de Mel associado. Na figura 4.14 apresenta-se o resultado da aplicação da metodologia, descrita. Para uma melhor percepção, das áreas, elaborou-se o seguinte quadro:

Quadro 4.8 – Área dos diferentes níveis de Potencial Produtivo de Mel.

Potencial Produtivo	Área (hectares)	% Produção de Mel	Área para Ponte de Lima	% Área Concelho
Muito Elevado	6878	41,3%		21,5%
Elevado	8454	50,6%		26,4%
Razoável	1044	6,2%		3,3%
Fraco	319	1,9%		1,0%
Exclusão	15306	-----		47,8%
Total	32027	100%		100%

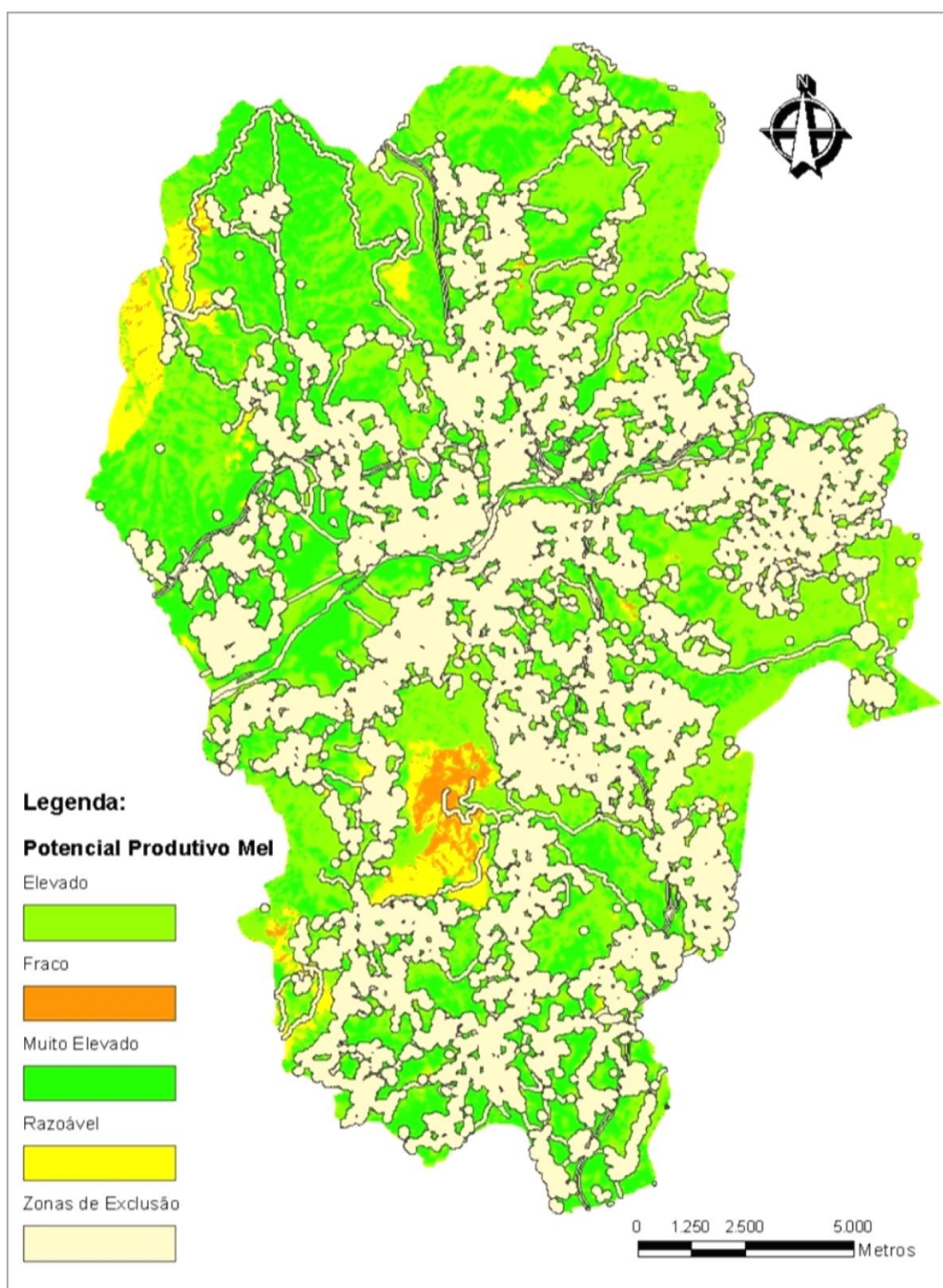


Figura 4.14 – Classificação das zonas com aptidão para produção de mel de acordo com a escala de Potencial Produtivo de Mel.

Com a análise da figura anterior podemos aferir que o concelho de Ponte de Lima, apresenta na sua maioria (sem considerar as zonas de exclusão), potenciais produtivos

de mel muito elevados e elevados (91,9% do total da área consagrada para produção de mel), sendo que as zonas menos favoráveis representam apenas 8,1% da área total para produção de mel, apresentado-se sobretudo situadas em dois núcleos bem demarcados (próximos da área central e no extremo noroeste do concelho). Estes resultados devem-se sobretudo, a estas duas áreas caracterizarem-se por serem zonas descobertas com pouca vegetação (logo potencial produtivo de mel fraco devido à escassez de alimento para as abelhas de mel).

A elevada dispersão de focos habitacionais, é o fator que mais contribui para a perda de áreas de produção de mel, devido sobretudo à margem de interdição de 100 metros que existe para a colocação de colmeias, ao redor de qualquer edifício. Isto origina que muitas áreas (sobretudo de potencial muito elevado) se vejam reduzidas a tamanhos pouco significativos (considerando que a abelha de mel tem um raio de ação de 3,5 quilómetros ao redor da colmeia) e circunscritas totalmente, ou parcialmente, por zonas de exclusão (sobretudo na parte central da área em estudo).

As áreas com potenciais mais elevados, sem restrições de proximidade a zonas de exclusão, estão localizadas mais a norte e noroeste do concelho. Sendo estas zonas as que terão um maior potencial produtivo, visto terem capacidade e disponibilidade alimentar superior devido à sua extensão, com ausência (ou pouca significância) de áreas que possam representar algum tipo de distúrbio ou perturbação para as atividades da abelha de mel.

5. CONCLUSÕES

A realização do presente estudo, permite uma melhor compreensão dos principais fatores que influenciam a produção de mel. Destes, o fator mais importante, sem dúvida, é a Flora Melífera (disponibilidade de alimento adequado e utilizável pelas abelhas ao longo da época de produção de mel), que tem uma ponderação de 0,4619 (quase tanto como os outros cinco fatores em conjunto). Assim é fundamental para ajuizar do valor de uma região, conhecer não só a quantidade e a qualidade relativas das plantas melíferas, que esta suporta, mas é igualmente importante conhecer também as épocas das florações.

Nightingale *et al.*, (---) refere um estudo, onde dentro de cada região, o período médio de floração das espécies importantes, na disponibilização de pólen e néctar para as abelhas de mel, foi determinado através de dados adquiridos em questionários enviados aos apicultores locais, e de literatura botânica publicada. Estas recolhas de dados poderão ser usadas para mapear o número de plantas (árvores, arbustos e gramíneas) em floração durante cada mês e assim fornecer informações adicionais sobre quantidade de alimentação disponível nas diversas fontes, para as comunidades de abelhas de mel.

Em próximos estudos, este fator terá de ser alvo de particular atenção e/ou estudo individualizado. Uma possível abordagem será, além de realizar e estudar os calendários regionais das florações e exsudações não florais, realizar cartografias mais pormenorizadas com mais níveis e sub-níveis de diferentes classes de presença de flora melífera, e inclusive o seu estado de saúde e de desenvolvimento. Para além disso, quando se realizam inventários ou levantamentos florísticos, convém visualizar a abundância e a representatividade das espécies na zona em estudo, através dos seus graus de presença, sociabilidade e abundância em coberto (Paixão, 1983). Este estudo mais aprofundado acerca da flora melífera, além de poder permitir avaliações de potencial produtivo quantitativo de mel, também poderia servir para aferir acerca do potencial produtivo qualitativo de mel, uma vez que os méis também são distinguidos e valorizados pelas suas propriedades organoléticas, atribuídas pelas fontes alimentares das abelhas de mel.

Após realização destes estudos, estes deveriam-se proporcionar validamente a quem tenha de debruçar-se, p.ex., sobre um projeto de instalação de um apiário. Interessa ainda conhecer melhor as necessidades ecológicas da flora melífera, dado serem estas

que condicionam o seu aparecimento e densidade no País, com o efeito direto na disponibilidade de néctar e pólen para as abelhas de mel.

Outro parâmetro que tem também grande preponderância é a temperatura, pois esta tem relação direta e indireta com vários fatores estudados (flora melífera, zona climática, geada e exposição). Para uma melhor compreensão deste factor, refere-se o seguinte:

A partição de energia dentro de uma colmeia de abelhas de mel pode ser estimada a partir as seguintes informações, que foram retiradas de diversas publicações. (i) O número de obreiras produzidas por uma colónia (com base na taxa de postura de uma rainha) é cerca de 200.000 indivíduos (Seeley, 1985). (ii) O número de dias de pastoreio por abelha de mel é de cerca de 10 dias (Seeley, 1985 e 1995). (iii) O número médio de viagens de cada obreira por dia é de cinco (Weippl, 1928; Thom et al., 2000). (iv) A energia média trazida de volta para a colmeia por cada viagem é de cerca de 500 Joules (Seeley, 1995; Tautz et al., 2003).

Assim, a energia total recolhida numa temporada de verão por cada colónia de abelhas de mel é estimada em 5,000,000 KiloJoules (KJ). Esta energia é usada para (i) metabolismo básico e aquecimento da colmeia no inverno (1,600,000 KJ) e (ii) no metabolismo básico de todos os indivíduos, energia usada para a construção dos favos, movimentações no interior e no exterior da colmeia, durante o verão (1,500,000 KJ); deixando (iii) perto de 2,000,000 KJ por ano para a manutenção da temperatura no interior da colmeia, energia esta que é cerca de 40% do total de energia trazida para o interior da colmeia num ano (Tautz et al., 2003).

Dois aspetos são relevantes para o presente estudo. Em primeiro lugar, o investimento de 40% na manutenção da temperatura da colmeia é uma parcela significativa do orçamento de energia e atesta a importância dessa atividade. Assim, será necessário uma melhor compreensão das influências diretas e indiretas que a temperatura exerce nos outros fatores em estudo.

As abelhas criadas em apicultura continuam a ser um recurso crítico para o mundo agrícola e para a segurança alimentar. Há evidências crescentes que medidas de manutenção e melhoramento dos habitats dos polinizadores não só melhoram a disponibilidade de alimento para as abelhas de mel, mas também contribuem para a proteção geral de controlo de pragas naturais, maior biodiversidade, melhor qualidade do solo e da água e um melhoramento da paisagem (Wratten et al., 2012). Com estes

benefícios secundários significativos em mente, a conservação dos polinizadores pode servir como uma estrutura útil para atingir vários objetivos e como tal deve ser ponderada na elaboração de políticas e medidas de conservação de espaços naturais. Estes benefícios são particularmente susceptíveis de ocorrer ao nível da escala de paisagem (Fiedler et al., 2008), como pode ser intuitivamente esperado. Assim o aprimoramento dos serviços de ecossistema pode ser mais eficaz quando adotado sobre amplas áreas e não apenas sobre zonas específicas pouco significativas (Rundlof et al., 2008; Merckx et al., 2009).

De forma a validar os resultados do presente estudo, deveria-se realizar um cadastro com as localizações dos apicultores, por forma a conseguir estabelecer tendências comparativas entre os locais dos seus apiários e os seus índices de produção de mel. Com isto poderiam-se comparar os resultados da metodologia proposta com os obtidos na realização do cadastro, por forma a aferir o nível da adequabilidade e exequibilidade da metodologia apresentada para o concelho de Ponte de Lima.

A metodologia proposta apresenta-se como sendo muito útil para estabelecer e comparar o potencial produtivo de mel de diferentes zonas dentro de uma área em estudo, porque relaciona diferentes factores comuns à mesma área, onde as diferenças se espelham em gradientes, mais, ou menos, contínuos, e passíveis de serem diferenciados e classificados de acordo com a sua aptidão e potencial para a produção de mel. Mas deve-se considerar que os resultados possam não traduzir, da forma mais assertiva, os potenciais produtivos dessas zonas, porque se uma zona que através da metodologia se classificou como tendo potencial muito elevado, for contígua a outra que tenha um potencial fraco, as colmeias que sejam colocadas próximas da linha divisória dessas duas zonas, terão aproximadamente o mesmo potencial produtivo, devido à área de pastoreio das abelhas de mel ser à volta de um ponto central com um raio de 3,5 quilómetros e assim a área de pastoreio dos dois enxames será muito idêntica, logo o potencial produtivo de mel, também.

BIBLIOGRAFIA

- Adler, L., 2000. The ecological significance of toxic nectar. *Oikos*, 91: 409 - 420.
- Afik, O., Dag, A. e Shafir, S., 2008. Honeybee, *Apis mellifera*, round dance is influenced by trace components of floral nectar. *Animal Behaviour*, 75: 371 - 377.
- Agência Portuguesa do Ambiente, 2012. Site Disponível: Atlas do Ambiente Dinâmico (Última actualização: 23 Nov. 2012), URL: <http://www.apambiente.pt/> Consultado em 23 Nov. 2012.
- Aizen, M., Garibaldi, L., Cunningham, A. e Klein, M., 2008. Long-term global trends in crop yield and production reveal no current pollination shortage but increasing pollinator dependency. *Current Biology*, 18: 1572 - 1575.
- Anderson, D., 1990. Pests and pathogens of the honeybee (*Apis mellifera* L.) in Fiji. *Journal of Apicultural Science*, 29: 53 - 59.
- Ascher, J., e J. Pickering. 2012. Discover Life bee species guide and world checklist (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila). (Última actualização: 15 Nov. 2012), URL: http://www.discoverlife.org/mp/20q?guide=Apoidea_species Consultado em 15 Nov. 2012.
- Asher, J., Warren, M., Fox, R., Harding, P., Jeffcoate, G. e Jeffcoate S., 2001. The millennium atlas of butterflies in Britain and Ireland. Oxford University Press. 433pp.
- Ashman, T., Knight, T., Steets, J., Amarasekare, P., Burd, M., Campbell, D., Dudash, M.R., Johnston, M., Mazer, S., Mitchell, R., Morgan, M. e Wilson, W., 2004. Pollen limitation of plant reproduction: ecological and evolutionary causes and consequences. *Ecology* 85: 2408 - 2421.
- Axelrod, D., 1960. The evolution of Flowering plants, *Evolution after Darwin: the evolution of life*, volume 1. University of Chicago Press, Chicago.
- Ayers, G. e Harman, J., 1992. Bee forage of North America and the potential planting for bees, *The Hive and the Honey Bee*. Bookcrafters, Hamilton, pp. 437 - 493.
- Babendreier, D., Joller, D., Romeis, J., Bigler, F. e Widmer, F., 2007. Bacterial community structures in honeybee intestines and their response to two insecticidal proteins. *FEMS Microbiology Ecology*, 59: 600 - 610.
- Bacon, O., Burton, V., McSwain, J., Marble, V., Stanger, W. e Thorp, R., 1965. Pollinating alfalfa with leaf-cutting bees (AXT 160). University of California Agricultural Extension Service, Berkeley, 12 pp.
- Bailey, L. e Ball, B., 1991. *Honey Bee Pathology*. Academic Press, London. 208 pp.
- Bailey, L. e Gibbs, A., 1964. Acute infection of bees with paralysis virus. *Journal Insect Pathology*, 6: 395 - 407.
- Bailey, L., 1964. The 'Isle of Wight disease': the origin and significance of the myth. *Bee World*, 45: 32 - 37.
- Bailey, L., Carpenter, J. e Woods, R., 1979. Egypt bee virus and Australian isolates of Kashmir bee virus. *Journal Gene Virology*, 43: 641 - 647.

- Ball, B. e Allen, M., 1988. The prevalence of pathogens in honey bee colonies infested with the parasitic mite *Varroa jacobsoni*. Annual Applied Biology, 113: 237 - 244.
- Bartomeus, I., Ascher, J., Wagner, D., Danforth, D., Collae, S., Kornbluth, S. e Winfree, R., 2011. Climate-associated phenological advances in bee pollinators and bee-pollinated plants. PNAS, 108: 20645 - 20649.
- Baselga, A., e Jiménez-Valverde, A., 2007. Environmental and geographical determinants of beta diversity of leaf beetles (*Coleoptera: Chrysomelidae*) in the Iberian Peninsula. Ecological Entomology, 32: 312 - 318.
- Bawa, K., 1990. Plant–pollinator interactions in tropical rain forests. Annual Revision Ecological System, 2: 299 - 422
- Becher, M., Hildenbrandt, H., Hemelrijk, C. e Moritz, R., 2010. Brood temperature, task division and colony survival in honeybees: Ecological Modelling, 221: 769 - 776.
- Bednekoff, P. e Lima, S., 1998. Randomness, chaos and confusion in the study of antipredator vigilance. Trends in Ecology & Evolution, 13: 284 - 287.
- Beekman, M. e Ratnieks, F., 2000. Long-range foraging by the honeybee, *Apis mellifera* L. Functional Ecology, 14: 490 - 496.
- Benjeddou, M., Leat, N., Allsopp, M. e Davison, S., 2001. Detection of acute bee paralysis virus and black queen cell virus from honeybees by reverse transcriptase PCR. Applied Environmental Microbiology 67: 2384 - 2387.
- Biesmeijer, J., Roberts, S., Reemer, M., Ohlemueller, R., Edwards, M., Peeters, T., Schaffers, A., Potts, S., Kleukers, R., Thomas, C., Settele, J. e Kunin, W., 2006. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. Science 313: 351 - 354.
- Biri, M. e Albert, J., 1979. Moderna Criação das Abelhas. Editoria de Vecchi, S. A., Barcelona, 215 pp.
- Blackiston, H., 2009. Beekeeping for Dummies. Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, Indiana. 385 pp.
- Blanche, K., Ludwig, J. e Cunningham, S., 2006. Proximity to rainforest enhances pollination and fruit set in orchards. Journal Applied Ecology, 43: 1182 - 1187.
- Bohan, D., Boffey, C., Brooks, D., Clark, S., Dewar, A., Firbank, L., Haughton, A., Hawes, C., Heard, M., May, M., Osborne, J., Perry, J., Rothery, P., Roy, D., Scott, R., Squire, G., Woiwod, I. e Champion, G., 2005. Effects on weed and invertebrate abundance and diversity of herbicide management in genetically modified herbicide-tolerant winter-sown oilseed rape. Proc. Roy. Soc. Lond., B, 272: 463 - 474.
- Bosch, J., e Kemp, W., 2003. Effect of wintering duration and temperature on survival and emergence time in males of the orchard pollinator *Osmia lignaria* (*Hymenoptera: Megachilidae*). Environmental Entomology, 32: 711 - 716.
- Bradshaw, W. e Holzapfel, C., 2001. Genetic shift in photoperiodic response correlated with global warming. Proceedings of the National Academy of Sciences USA, 98: 14509 - 14511 .

- Breed, M., McGlynn, T., Sanctuary, M., Stocker, E. e Cruz, R., 1999. Distribution and abundance of colonies of selected meliponine species in a Costa Rican tropical wet forest. *Journal Tropical Ecology*, 15: 765 - 777.
- Bujok, B., Kleinhenz, M., Fuchs, S. e Tautz, J., 2002. *Naturwissenschaften*, 89: 299 - 301.
- Calis, J., Fries, I. e Ryrie, S., 1999. Population modelling of *Varroa jacobsoni*. *Apidologie*, 30: 111 - 124.
- Calvo-Iglesias, M., Fra-Paleo, U., Crecente-Maseda, R. e Díaz-Varela, R., 2006. Directions of change in land cover and landscape patterns from 1957 to 2000 in agricultural landscapes in NW Spain. *Environmental Management*, 38: 921 - 933.
- Campbell, D., 1985. Pollen and gene dispersal, the influences of competition for pollination. *Evolution*, 39: 418 - 431
- Cane, J. e Sipes, S., 2006. Characterizing floral specialization by bees: analytical methods and a revised lexicon for oligolecty. *Plant-pollinator interactions from specialization to generalization*, University of Chicago Press, Chicago, pp. 99 - 122.
- Carreck, N. e Williams, I., 1997. Observations on two commercial flower mixtures as food sources for beneficial insects in the UK. *Journal Agricultural Science*, 128: 397 - 403.
- Chacoff, N., e Aizen, M., 2006. Edge effects on flower-visiting insects in grapefruit plantations bordering premontane subtropical forest. *Journal Applied Ecology*, 43: 18 - 27.
- Chen, Y., Evans, J. e Feldlaufer, 2006. Horizontal and vertical transmission of viruses in the honey bee, *Apis mellifera*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 92: 152 - 159.
- Chen, Y., Zhao, Y., Hammond, J., Hsu, H., Evans, J. e Feldlaufer, M., 2004. Multiple virus infections in the honey bee and genome divergence of honey bee viruses. *Journal of Invertebrate Pathology*, 87: 84 - 93.
- Clayton, J., 2006. Beemaster's Beekeeping Course. (Ultima actualização: 07 Nov. 2012), URL: <http://www.beemasters.com>, Consultado em 07 Nov. 2012.
- Cocu, N., Harrington, R., Rounsevell, M., Worner, S. e Hullé, M., 2005. Geographical location, climate and land use influences on the phenology and numbers of the aphid, *Myzus persicae*, in Europe. *Journal of Biogeography*, 32: 615 - 632.
- Connop, S., Hill, T., Steer, J. e Shaw, P., 2010. The role of dietary breadth in national bumblebee (*Bombus*) declines: simple correlation? *Biological Conservation*, 143: 2739 - 2746.
- Cowlishaw, G., Lawes, M., Lightbody, M., Martin, A., Pettifor, R. e Rowcliffe, J., 2004. A simple rule for the costs of vigilance: empirical evidence from a social forager. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, 271: 27 - 33.
- Crailsheim, K., Stabentheiner, N., Hrassnigg, B. e Leonhard, B., 1995. *Verh. Dtsch. Zool. Ges.*, 88: 59.

- Cramp, D., 2008. A Practical Manual of Beekeeping, how to keep Bees and develop your full potential as an apiarist. How To Books, Ltd. Spring Hill House, United Kingdom. 329 pp.
- Crane, E., 1975. Honey: A Comprehensive Survey. Morrison and Gibb Ltd., London, 608 pp.
- Crane, E., 1999. The World History of Beekeeping and Honey Hunting. Routledge Gerald, 720 pp.
- Cresswell, J., Osborne, J. e Goulson, D., 2000. An economic model of the limits to foraging range in central place foragers with numerical solutions for bumblebees. *Ecology Entomology*, 25: 249 - 255.
- Crozier, R. e Pamilo, P., 1996. Evolution of Social Insect Colonies: Sex Allocation and Kin Selection. Oxford University Press, New York, 306 pp.
- Cunningham, S., 2000. Depressed pollination in habitat fragments causes low fruit set. *Proceedings Royal Society London B*, 267: 1149 - 1152.
- Daily, G., Soederqvist, T., Aniyar, S., Arrow, K., Dasgupta, P., Ehrlich, P., Folke, C., Jansson, A., Jansson, B. e Kautsky, N., 2000. The value of nature and the nature of value. *Science*, 289: 395 - 396.
- Darvill, B., Knight, M. e Goulson, D., 2004. Use of genetic markers to quantify bumblebee foraging range and nest density. *Oikos*, 107: 471 - 478.
- DeFries, R., Foley, J. e Asner, G. 2004. Land-use choices: balancing human needs and ecosystem function, *Frontiers Ecology Environment*, 2: 249 - 257.
- Delaplane, K. e Mayer, D., 2000. Crop Pollination by Bees. CABI Publishing, New York, 344 pp.
- Dell, D., Sparks, T. e Dennis, L., 2005. Climate change and the effect of increasing temperatures on emergence dates of the butterfly *Apatura iris* (*Lepidoptera: Nymphalidae*). *European Journal of Entomology*, 102: 161 - 167.
- Dick, C., 2001. Genetic rescue of remnant tropical trees by an alien pollinator. *Proc R Soc Lond B* 268: 2391 - 2396.
- Doull, K., 1976. The effects of different humidities on the hatching of the eggs of honeybees. *Apidologie*, 7: 61 - 66.
- Duan, J., Marvier, M., Huesing, J., Dively, G. e Huang, Z., 2008. A meta-analysis of effects of Bt crops on honey bees (*Hymenoptera: Apidae*). *Plus One* 3 (1), Duckworth & Co. Ltd, London.
- Dukas, R., 1999. Costs of memory: ideas and predictions. *Journal of Theoretical Biology*, 197: 41 - 50.
- Dunlap, A. e Stephens, D., 2012. Tracking a changing environment: Optimal sampling, adaptive memory and overnight effects. *Behavioural Processes*, 89: 86 - 94.
- Ellis, M., Nicolson, S., Crewe, R. e Dietemann, V., 2008. Hygropreference and brood care in the honeybee (*Apis mellifera*). *Journal of Insect Physiology*, 10: 10 - 16.
- Ellstrand, N., 2003. Current knowledge of gene flow in plants: Implications for transgene flow. *Philosophy Trans. Royal Society*, 358: 1163 - 1170.

- Engels, W., Schultz, U., Radle, M., 1994. Use of the Tübingen Mix for Bee Pasture in Germany. Forage for Bees in an Agricultural Landscape. International Bee Research Association, Cardiff, pp. 57 - 65.
- Esch, H., 1960. Über die Körpertemperaturen und den Wärmehaushalt von *Apis mellifica*. Z. Vergl. Physiol. 43: 305 - 335.
- Esch, H., Goller, F. e Heinrich, B., 1991. Naturwissenschaften, 78: 325 - 328.
- Evans, J., 2001. Genetic evidence for coinfection of honey bees by acute bee paralysis and Kashmir bee viruses. Journal Invertebrate Pathology, 78: 189 - 193.
- Eyre, M., Luff, M., Staley, J. e Telfer, M., 2003. The relationship between British ground beetles (*Coleoptera*, *Carabidae*) and land cover. Journal of Biogeography, 30: 719 - 730.
- Eyre, M., Rushton, S., Luff, M. e Telfer, M., 2005. Investigating the relationships between the distribution of British ground beetle species (*Coleoptera*, *Carabidae*) and temperature, precipitation and altitude. Journal of Biogeography, 32: 973 - 983.
- Fahrenholz, L., Lamprecht, I. e Schricker, B., 1989. Journal Comparative Physiology B, 159: 551 - 560.
- Farina, W. e Nunez, J., 1991. Trophallaxis in the honeybee, *Apis mellifera* L. as related to the profitability of food sources. Animal Behaviour, 42: 389 - 394.
- Federação Nacional dos Apicultores de Portugal (FNAP), 2009. Manual de criação de Rainhas Autóctones em Portugal. Programa Apícola Nacional - ano 2009, 50 pp.
- Fiedler, A., Landis, D. e Wratten, S., 2008. Maximizing ecosystem services from conservation biological control: the role of habitat management. Biology Control, 45: 254 - 271.
- Fielding, C., Whittaker, J., Butterfield, J. e Coulson, C., 1999. Predicting responses to climate change: the effect of altitude and latitude on the phenology of the Spittlebug *Neophilaenus lineatus*. Functional Ecology, 13: 65 - 73.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2009. FAOSTAT. (Ultima actualização: 27 Nov. 2012). URL: <http://www.faostat.fao.org> Consultado em 27 Nov. 2012
- Free, J., 1993. Insect pollination of crops. Academic Press, London-New York, 768 pp.
- Frouz, J., 2000. The effect of nest moisture on daily temperature regime in the nests of *Formica polyctena* wood ants. Insectes Sociaux, 47: 229 - 235.
- Gary, N., 2010. Honey Bee Hobbyist, The Care and Keeping of Bees. Bow Tie Press, Irvine, California. 178 pp.
- Gary, N., Witherell, P. e Marston, J., 1972. Foraging range and distribution of honey bees used for carrot and onion pollination. Environment Entomology, 1: 71 - 78.
- Ghazoul, J., 2005. Buzziness as usual? Questioning the global pollination crisis. Trends in Ecology Evolution, 20: 367 - 373.
- Ghazoul, J., 2005a. Pollen and seed dispersal among dispersed plants. Biology Revision, 80: 413 - 443.

- Gilliam, M., 1986. Infectivity and survival of the chalkbrood pathogen *Ascosphaera apis* in colonies of honey bees *Apis mellifera*. *Apidologie*, 17: 93 - 100.
- Gordo, O. e Sanz, J., 2005. Phenology and climate change: a long-term study in a Mediterranean locality. *Oecologia*, 146: 484 - 495.
- Gordo, O. e Sanz, J., 2006. Temporal trends in phenology of the honey bee *Apis mellifera* and the small white *Pieris rapae* in the Iberian Peninsula (1952 – 2004). *Ecological Entomology*, 31: 261 - 268.
- Gordo, O., Sanz, J. e Lobo J., 2008. Geographic variation in onset of singing among Greenleaf, S. e Kremen, C., 2006. Wild bees enhance honey bees' pollination on hybrid sunflower. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103: 13.890 – 13.895.
- Gordo, O., Sanz, J. e Lobo, J., 2007. Environmental and geographical constraints on common swift and barn swallow spring arrival patterns throughout the Iberian Peninsula. *Journal of Biogeography*, 34: 1065 - 1076.
- Gordo, O., Sanz, J. e Lobo, J., 2007a. Spatial patterns of white stork (*Ciconia ciconia*) migratory phenology in the Iberian Peninsula. *Journal of Ornithology*, 148: 293 - 308.
- Greenleaf, S., Williams, N., Winfree, R. e Kremen, C., 2007. Bee foraging ranges and their relationship to body size. *Oecologia*, 153: 589 - 596.
- Gurr, G., Wratten, S. e Luna, J., 2003. Multi-function agricultural biodiversity: pest management and other benefits. *Basic Applied Biology*, 4: 107 - 116.
- Hanski, I. e Pöyry, J., 2006. Insect populations in fragmented habitats. Royal Entomology Society, Insect Conservation Biology. University of Sussex, Wallingford, UK.
- Harrington, R., Clark, S., Welham, S., Verrier, P., Denholm, C., Hullé, M., Maurice, D., Rounsevell, M. e Cocu, N., 2007. Environmental change and the phenology of European aphids. *Global Change Biology*, 13: 1550 - 1564.
- Harris, J., Harbo, J., Villa, J. e Danka, R., 2003. Variable population growth of *Varroa destructor* (*Mesostigmata: Varroidae*) in colonies of honey bees (*Hymenoptera: Apidae*) during a 10-year period. *Environmental Entomology*, 32: 1305 - 1312.
- Harrison, J. e Fewell, J., 2002. Environmental and genetic influences on flight metabolic rate in the honey bee, *Apis mellifera*. *Comparative Biochemistrical Physiology A*, 133: 323 - 333.
- Harrison, J., 1987. Roles of individual honeybee workers and drones in colonial thermogenesis. *Journal Exp. Biology*, 129: 53 - 61.
- Hawkins, B. e Porter, E., 2003. Water-energy balance and the geographic pattern of species richness of western Palearctic butterflies. *Ecological Entomology*, 28: 678 - 686.
- Haydak, M., 1970. Honey bee nutrition. *Annual Revision Entomology*, 15: 143 - 156.
- Heal, G., 2000. Nature and the marketplace: Capturing the value of ecosystem services. Island Pr.

- Hegland, S., Nielsen, A., Lázaro, A., Bjerknes, A. e Totland, O., 2009. How does climate warming affect plant-pollinator interactions? *Ecology Letters*, 12: 184 - 195.
- Heinrich, B. e Raven, P., 1972. Energetics and pollination ecology. *Science*, 176: 597 - 602.
- Heinrich, B., 1979. *Science*, 205: 1269 - 1271.
- Heinrich, B., 1993. *The Hot-Blooded Insects: Strategies and Mechanisms of Thermoregulation*. Springer, Berlin.
- Hess, W., 1926. Die Temperaturregulierung im Bienenvolk. *Z. Vergl. Physiol*, 4: 465 - 487.
- Heyneman, A., 1983. Optimal sugar concentrations of floral nectars - dependence on sugar intake efficiency and foraging costs. *Oecologia*, 60: 198 - 213.
- Himmer, A., 1927. Ein Beitrag zur Kenntnis des Wärmehaushaltes im Nestbau sozialer Hautflügler. *Z. Vergl. Physiol*, 5: 375 - 389.
- Himmer, A., 1927. *Erlanger Jb. Bienenkunde*, 5: 1 - 32.
- Himmer, A., 1932. *Biology Rev*, 7: 224 - 253.
- Hooper, T., 1976. *Guia do Apicultor*. Publicações Europa-América, Lda. Mem-Martins, 269 pp.
- Hou, C., Kasparic, M., Zandenb, H. e Gilloolyb, J., 2010. Energetic basis of colonial living in social insects. *PNAS*, 107: 3634 - 3638.
- Human, H., Nicolson, S. e Dietemann, V., 2006. Do honeybees, *Apis mellifera scutellata*, regulate humidity in their nest? *Naturwissenschaften*, 93: 397 - 401.
- Hung, F., Ball, B., Adams, J., Shimanuki, H., Knox, D., 1996. A scientific note on the detection of American strain of acute paralysis virus and Kashmir bee virus in dead bees in one US honey bee (*Apis mellifera L.*) colony. *Apidologie*, 27: 55 - 56.
- Instituto Geográfico Português, 2012. Site Disponível: Carta Administrativa Oficial de Portugal (Última actualização: 07 Dez.. 2012), URL: <http://www.igeo.pt/produtos/> . Consultado em 07 Dez. 2012.
- Iwasa, Y. e Levin, S., 1995. The timing of life history events. *Journal of Theoretical Biology*, 172: 33 - 42.
- Jiménez-Valverde, A., Ortuño, V. e Lobo, J., 2007. Exploring the distribution of *Stercorax ortuño*, 1990 (*Coleoptera*, *Carabidae*) species in the Iberian Peninsula. *Journal of Biogeography*, 34: 1426 - 1438.
- Johnson, B., 2003. Organization of work in the honeybee: a compromise between division of labour and behavioural flexibility. *Proceedings Royal Society London B*, 270: 147 - 152.
- Jones, J. e Oldroyd, B., 2007. Nest Thermoregulation in Social Insects. *Advances Insect Physiology*, 33: 154 - 191.
- Jonzén, N., Hendenström, A. e Lundberg, P., 2007. Climate change and the optimal arrival of migratory birds. *Proceedings of the Royal Society of London-Series B*, 274: 269 - 274.

- Kauffeld, N., Everitt, J. e Taylor, E., 1976. Honey bee problems in the Rio Grande Valley of Texas. *American Bee Journal*, 116: 220 - 232.
- Kearns, C., Inouye, D. e Waser, N., 1998. Endangered mutualisms: the conservation of plant–pollinator interactions. *Annual Review Ecology Systems*, 29: 83 - 112.
- Kevan, P. e Phillips, T., 2001. The economics of pollinator declines: assessing the consequences. *Conservation Ecology* 5, artigo 8.
- Kingsolver, J. e Daniel, T., 1983. Mechanical determinants of nectar feeding strategy in hummingbirds: Energetics, tongue morphology, and licking behavior. *Oecologia*, 60: 214 - 226.
- Kingsolver, J. e Daniel, T., 1995. *Regulatory Mechanisms in Insect Feeding*. Chapman and Hall, New York, pp. 32 - 53.
- Kingsolver, J., e Daniel, T., 1979. On the mechanics and energetics of nectar feeding in butterflies. *Journal Theory Biology*, 76: 167 - 179.
- Klein, A., Vaissiere, B., Cane, J., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S., Kremen, C. e Tscharntke, T., 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings Royal Society London B*, 274: 303 - 313.
- Klein, A., Vaissière, B., Cane, J., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S., Krebs, J., Kacelnick, A. e Taylor, P., 1978. Test of optimal sampling by foraging great tits. *Nature*, 275: 27 - 31.
- Kleineidam, C. e Roces, F., 2000. Carbon dioxide concentrations and nest ventilation in nests of the leaf-cutting ant (*Atta vollenweideri*). *Insectes Sociaux*, 47: 241 - 248.
- Kleinhenz, M., Bujok, B., Fuchs, S. e Tautz, J., 2003. Hot bees in empty broodnest cells: heating from within. *Journal Explorative Biology*, 206: 4217 - 4231.
- Korb, J. e Linsenmair, K., 1999. The architecture of termite mounds: a result of a trade-off between thermoregulation and gas exchange? *Behavioural Ecology*, 10: 312 - 316.
- Kremen, C. e Ostfeld, R., 2005. A call to ecologists: measuring, analyzing, and managing ecosystem services. *Frontiers in Ecology and the Environment* 3, 10: 540 - 548.
- Kremen, C. e Tscharntke, T., 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings Royal Society London B*, 274: 303 - 313.
- Kremen, C., Williams N., Aizen, M., Gemmill-Herren, B., LeBuhn, G., Minckley, R., Packer, L., Potts, S., Roulston, T., Steffan-Dewenter, I., Vásquez, D., Winfree, R., Adams, L., Crone, E., Greenleaf, S., Keitt, T., Klein, A., Regetz, J. e Ricketts, T., 2007. Pollination and other ecosystem services provided by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change, *Ecology Letters*, 10: 299 - 314.
- Kremen, C., Williams, N. e Thorp, R., 2002. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings Natural Academy Science U.S.A.*, 99: 16812 - 16816.
- Kremen, C., Williams, N., Bugg, R.L., Fay, J.P. e Thorp, R., 2004. The area requirements of an ecosystem service: crop pollination by native bee communities in California, *Ecology Letters*, 7: 1109 - 1119.

- Kronenberg, F. e Heller, H.C., 1982. Colonial thermoregulation in honey bees (*Apis mellifera*). Journal Comparative Physiology B, 148: 65 - 76.
- Kruk, C. e Skowronek, W., 2001. Effect of some factors on brood survival in a bee colony. Journal of Apicultural Science, 45: 121 - 127.
- Lehrer, M., 1991. Bees which turn back and look. Naturwissenschaften, 78: 274 - 276.
- Lehrer, M., 1993. Why do bees turn back and look? Journal of Comparative Physiology A, 172: 549 - 563.
- Lennartsson, T., 2002. Extinction thresholds and disrupted plant-pollinator interactions in fragmented plant populations. Ecology, 83: 3060 - 3072.
- Lensky, Y., 1964. Comportement d'une colonie d'abeilles a des temperatures extremes. Journal Insect Physiology, 10: 1 - 12.
- Lima, S., 1987. Vigilance while feeding and its relation to the risk of predation. Journal of Theoretical Biology, 124: 303 - 316.
- Lindauer, M., 1954. Temperaturregulierung und Wasserhaushalt im Bienenstaat. Journal Comparative Physiology A, 36: 391 - 432.
- Malone, L. e Pham-Delègue, M., 2001. Effects of transgene products on honey bees (*Apis mellifera*) and bumblebees (*Bombus sp.*). Apidologie, 32: 287 - 304.
- Malone, L., Todd, J., Burgess, E. e Christeller, J., 2004. Development of hypopharyngeal glands in adult honey bees fed with a Bt toxin, a biotin-binding protein and a protease inhibitor. Apidologie, 35: 655 - 664.
- Martin, S., 2001. The role of Varroa and viral pathogens in the collapse of honey bee colonies: a modelling approach. Journal Applied Ecology, 38: 1082 - 1093.
- Marvier, M., McCreedy, C., Regetz, J. e Kareiva, P., 2007. A meta-analysis of effects of Bt cotton and maize on nontarget invertebrates. Science, 316: 1475 - 1477.
- Mattila, H. e Otis, G., 2007. Dwindling pollen resources trigger the transition to broodless populations of long-lived honeybees each autumn. Ecological Entomology, 32: 496 - 505.
- McGregor, S., 1976. Insect Pollination of Cultivated Crop Plants. US Department of Agriculture, Washington, DC.
- McMullan, J. e Brown, M., 2005. Brood pupation temperature affects the susceptibility of honeybees (*Apis mellifera*) to infestation by tracheal mites (*Acarapis woodi*). Apidologie, 36: 97 - 105.
- Meade, D., 1991. Effective foraging ranges of feral colonies. American Bee Journal, 131: 778.
- Memmott, J., Craze, P., Waser, N. e Price, M., 2007. Global warming and the disruption of plant-pollinator interactions. Ecology Letters, 10: 710-717.
- Menz, M., Phillips, R., Winfree, R., Kremen, C., Aizen, M., Johnson, S. e Dixon, K., 2011. Reconnecting plants and pollinators: challenges in the restoration of pollination mutualisms. Trends Plant Science, 16: 4 - 12.
- Menzel, R. e Erber, J., 1978. Learning and memory in bees. Scientific American, 239: 102 - 109.

- Menzel, R., 1999. Memory dynamics in the honeybee. *Journal of Comparative Physiology A*, 185: 323 - 340.
- Merckx, T., Feber, R., Riordan, P., Townsend, M., Bourn, N., Parsons, M. e Macdonald, D., 2009. Optimizing the biodiversity gain from agri-environment schemes. *Agricultural Ecosystems Environment*, 130: 177 - 182.
- Mery, F. e Kawecki, T., 2004. An operating cost of learning in *Drosophila melanogaster*. *Animal Behaviour*, 68: 589 - 598.
- Michel, C., Fuchs, S. e Heldmeier, G., 1995. *Verh. Dtsch. Zool. Ges.* 88, 67.
- Michener, C., 2007. *The bees of the world*. Johns Hopkins University Press, Baltimore. 992 pp.
- Montague, P., Dayan, P., Person, C. e Sejnowski, T., 1995. Bee foraging in uncertain environments using predictive hebbian learning. *Nature*, 377: 725 - 728.
- Moretti, M., de bello F., Roberts, S. e Potts S., 2009. Taxonomical versus functional responses of bee communities to fire in two contrasting climatic regions *Journal Animal Ecology*, 78: 98 - 108.
- Moritz, R. e Southwick, E., 1992. *Bees as Superorganisms: An Evolutionary Reality*. Springer, Heidelberg.
- Morse, R. e Flottum, K., 1997. *Honey Bee Pests, Predators, and Diseases*. Root Company, Medina, Ohio, USA.
- Müller, A. e Kuhlmann, M., 2008. Pollen hosts of western palaearctic bees of the genus *Colletes* (*Hymenoptera: Colletidae*) – the Asteraceae paradox. *Biology Journal Lin. Society*, 95: 719 - 733.
- Müller, A., 1996. Host-plant specialization in western palearctic anthidiine bees (*Hymenoptera: Apoidea: Megachilidae*). *Ecology Monogram*, 66: 235 - 257.
- Muralevskij, B., 1933. *USSR Arch. Bienenkunde*, 14: 146 - 152.
- Murray, T., Kuhlmann, M., Potts, S., 2009. Conservation ecology of bees: populations, species and communities. *Apidologie*, 40: 211 - 236.
- National Research Council (NRC), 2006. *Status of Pollinators in North America*. National Academy of Sciences, Washington, DC.
- Neff, J. e Simpson, B., 1993. *Hymenoptera and Biodiversity*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 143 - 167.
- Nightingale, M., Esaias, W., Wolfe, R., Nickeson, J. e Ma, P., ---. *Assesing Honey Bee Equilibrium Range and Forage Suplly Using Sattelite Derived Phenology*. NASA solicitation, Decision Support through Earth Science Research Results.
- Oldroyd, B., 2007. What's killing American honey bees? *PLoS Biology*, 5: 1195 - 1199.
- Ollerton, J., Tarrant, S. e Winfree, R., 2011. How many plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120: 321 - 326.
- Opfinger, E. 1931. *Über die orientierung der honigbiene an der futterquelle*. *Zeitschrift für vergleichende Physiologie*, 15: 431 - 487.
- Osborne, J., Clark, S., Morris, R., Williams, J., Riley, J., Smith, A., Reynolds, D. e Edwards, A., 1999. A landscape-scale study of bumble bee foraging range and constancy, using harmonic radar. *Journal Applied Ecology*, 36: 519 - 533.

- Owens, C., 1971. The thermology of wintering honey bee colonies. US Department Agriculture Research, Service Technical Bulletin, 1429: 1 - 32.
- Pain, J. e Maugenet, J. 1966. Recherches biochimiques et physiologiques sur le pollen emmagasiné par les abeilles. *Annuelle Abeille*, 9: 209 - 236.
- Paixão, V., 1983. Apicultura, a abelha ao serviço do Homem. Livraria Popular Francisco Franco, Lda. Lisboa, 304 pp.
- Parnesan, C. e Yohe, G., 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421: 37 - 42.
- Pasquet, R., Peltier, A., Hufford, M., Oudin, E., Saulnier, J., Paul, L., Knudsen, J., Herren, J. e Gepts, P., 2008. Long-distance pollen flow assessment through evaluation of pollinator foraging range suggests transgene escape distances. *PNAS*, 105: 13456 - 13461.
- Paul, J. e Roces, F., 2003. Fluid intake rates in ants correlate with their feeding habits. *Journal Insect Physiology*, 49: 347 - 357.
- Pavón, D., Ventura, M., Ribas, A., Serra, P., Saurí, D. e Breton, F., 2003. Land use change and socio-environmental conflict in the Alt Empordà county (Catalonia, Spain). *Journal of Arid Environments*, 54: 543 - 552.
- Peacock, P., 2008. Keeping Bees, a complete practical guide. Octopus Publishing Group, Ltd., Heron Quays, London. 148 pp.
- Pivnick, K. e McNeil, J., 1985. Effects of nectar concentration on butterfly feeding: Measured feeding rates for *Thymelicus lineola* (*Lepidoptera: Hesperidae*) and a general feeding model for adult *Lepidoptera*. *Oecologia*, 66: 226 - 237.
- populations of two migratory birds. *Acta Oecologica*, 34: 50 - 64.
- Potts, S., Biesmeijer, J., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O. e Kunin, W., 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends Ecological Evolution*, 25: 345 - 353.
- Potts, S., Roberts, S., Dean, R., Marris, G., Brown, M., Jones, R., Neumann, P. e Settele J., 2010. Declines of managed honeybees and beekeepers in Europe. *Journal Apicultural Results*, 49: 15 - 22.
- Potts, S., Vulliamy, B., Dafni, A., Neeman, G. e Willmer, P., 2003. Linking bees and flowers: how do floral communities structure pollinator communities? *Ecology*, 84: 2628 - 2642.
- Pyke, G. e Waser, N., 1981. The production of dilute nectars by hummingbird and honeyeater flowers. *Biotropica*, 13: 260 - 270.
- Ramirez-Romero, R., Desneux, N., Decourtye, A., Chaffiol, A. e Pham-Delegue, M., 2008. Does Cry1Ab protein affect learning performances of the honey bee *Apis mellifera* L. (*Hymenoptera, Apidae*)? *Ecotoxicological Environment Safety*, 70: 327 - 333.
- Rattenborg, N., Lima, S. e Amlaner, C., 1999. Half-awake to the risk of predation. *Nature*, 397: 397 - 398.
- Recordati, A., 1988. Manual do Apicultor. Editorial Presença, Lda. Lisboa, 157 pp.
- Ricketts, T., 2001. The matrix matters: eVective isolation in fragmented landscapes. *American Nature*, 158: 87 - 99.

- Ricketts, T., 2004. Do tropical forest fragments enhance pollinator activity in nearby coffee crops. *Conservative Biology*, 18: 1 - 10.
- Ricketts, T., Daily, G., Ehrlich, P. e Michener, C., 2004. Economic value of tropical forest to coffee production. *Proceedings Natural Academy Science, U.S.A.*, 101: 12579 - 12582.
- Robertson, C., 1925. Heterotrophic bees. *Ecology*, 6: 412 - 436.
- Robin, A., Moritz, J., Ingemar, F., Conte, I., Neumann, P. e Paxton, R., 2010. Research strategies to improve honeybee health in Europe. *Apidologie*, 41: 227 - 242.
- Robinson, G., 1992. Regulation of division of labor in insect societies. *Annual Revision Entomology*, 37: 637 - 665.
- Robinson, G., 2002. Genomics and integrative analyses of division of labor in honeybee colonies. *American Nature*, 160: 160 - 172.
- Robinson, W., Nowogrodzki, R. e Morse, R., 1989. The value of honey bees as pollinators of U.S. crops. *American Bee Journal*, 129: 411 - 423.
- Rodríguez-Trelles, F. e Rodríguez, M., 1998. Rapid microevolution and loss of chromosomal diversity in *Drosophila* in response to climate warming. *Evolutionary Ecology*, 12: 829 - 838 .
- Roman, A., 2004. Pollen hoarding in the late summer season by honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies. *Journal of Apicultural Science*, 48: 37 - 45.
- Root, T., MacMynowski, D., Mastrandrea, M. e Schneider, S., 2005. Human-modified temperatures induce species changes: Joint attribution. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102: 7465 - 7469 .
- Root, T., MacMynowski, D., Mastrandrea, M. e Schneider, S., 2005. Human-modified temperatures induce species changes: Joint attribution. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102: 7465 - 7469.
- Root, T., Price, J., Hall, K., Schneider, S., Rosenzweig, C. e Pounds, J., 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature*, 421: 57 - 60.
- Rösch, G., 1925. Untersuchungen über die Arbeitsteilung im Bienenstaat. 1. Teil: Die Tätigkeiten im normalen Bienenstaate und ihre Beziehungen zum Alter der Arbeitsbienen. *Z. Vergl. Physiol*, 6: 264 - 298.
- Rose, R., Dively, G. e Pettis, J., 2007. Effects of Bt corn pollen on honey bees: emphasis on protocol development. *Apidologie*, 38: 368 - 377.
- Rosov, S., 1944. *Bee World*, 25: 94 - 95.
- Rothenbuler, W., 1964. Behaviour genetics of nest cleaning in honey bees. *American Zoologist*, 4: 113 - 123.
- Roubik, D. e Buchmann, S., 1984. Nectar selection by melipona and *Apis mellifera* (*Hymenoptera: Apidae*) and the ecology of nectar intake by bee colonies in a tropical forest. *Oecologia*, 61: 1 - 10.
- Roubik, D., 1989. *Ecology and Natural History of Tropical Bees*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Roy, D., e Asher, J., 2003. Spatial trends in the sighting dates of British butterflies. *International Journal of Biometeorology*, 47: 188 - 192.

- Roy, D., e Sparks, T., 2000. Phenology of British butterflies and climate change. *Global Change Biology*, 6: 407 - 416.
- Rundlof, M., Bengtsson, J. e Smith, H., 2008. Local and landscape effects of organic farming on butterfly species richness and abundance. *Journal Applied Ecology*, 45: 813 - 820.
- Ruttner, F., 1988. *Taxonomy and Biogeography of Honey Bees*. Springer, Munich.
- Saaty, T., 1980. *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. Londres, McGraw-Hill, 320 pp.
- Saaty, T., 1994. *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process*. Pittsburg, 314 pp.
- Saaty, T., Vargas, L., 1982. *The Logic of Priorities, Applications in Business, Energy, Healthy, Transportation*. Boston, Kluwer-Nijhoff, 237 pp.
- Schmarantzer, S. e Stabentheiner, S., 1987. *Thermology*, 2: 563 - 572.
- Schoener T. 1979. Generality of the size-distance relation in models of optimal foraging. *American Naturalist*, 114: 902 - 914.
- Seeley, T. e Heinrich, B., 1981. *Insect Thermoregulation*. Wiley, New York, pp. 160 - 234.
- Seeley, T., 1974. Atmospheric carbon dioxide regulation in honey-bee (*Apis mellifera*) colonies. *Journal Insect Physiology*, 20: 2301 - 2305.
- Seeley, T., 1985. *Honeybee Ecology, A Study of Adaptation in Social Life*. Princeton University Press, Princeton.
- Seeley, T., 1994. Honey-bee foragers as sensory units of their colonies. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 34: 51 - 62.
- Seeley, T., 1995. *The Wisdom of the Hive*. Harvard University Press, Cambridge, 318 pp.
- Seeley, T., 2010. *Honeybee Democracy*. Princeton University Press, United Kingdom, 280 pp.
- Severson, D. e Erickson Jr., E., 1990. Quantification of cluster size and low ambient temperature relationships in the honey bee. *Apidologie*, 21: 135 - 142.
- Sgolastra, F., Bosch, J., Molowny-Horas, R., Maini, S., e Kemp, W., 2010. Effect of temperature regime on diapause intensity in an adult-wintering Hymenopteran with obligate diapause. *Journal Insect Physiology*, 56: 185 - 194.
- Sheppard, W. e Meixner, M., 2003. *Apis mellifera pomonella*, a new honey bee subspecies from Central Asia. *Apidologie*, 34: 367 - 375.
- Sherba, G., 1959. Moisture regulation in mound nests of the ant, *Formica ulkei* Emery. *The American Midland Naturalist*, 61: 499 - 508.
- Shettleworth, S., 1998. *Cognition, Evolution, and Behavior*. Oxford University Press, New York.
- Shuel, R., 1992. *The Production of Nectar and Pollen, The Hive and the Honey Bee*. Bookcrafters, Hamilton, pp. 401 - 433.

- Shuler, R., Roulston, T. e Farris, G., 2005. Farming Practices Influence Wild Pollinator Populations on Squash and Pumpkin. *Journal Economical Entomology*, 98: 790 - 795.
- Southwick, E. e Heldmaier, G., 1987. *Bioscience*, 37: 395 - 399.
- Southwick, E., e Southwick Jr., L., 1992. Estimating the economic value of honey bees (*Hymenoptera: Apidae*) as agricultural pollinators in the United States. *Journal Economical Entomology*, 85: 621 - 633.
- Sparks, T. e Yates T., 1997. The effect of spring temperature on the appearance dates of British butterflies 1883-1993. *Ecography*, 20: 368 - 374.
- Stabentheiner, A., Pressl, H., Papst, T., Hrassnigg, N. e Crailsheim, K., 2003. Endothermic heat production in honeybee winter clusters. *Journal Experimental Biology*, 206: 353 - 358.
- Stefanescu, C., Herrando, S., Páramo, F., 2004. Butterfly species richness in the north-west Mediterranean Basin: The role of natural and human-induced factors. *Journal of Biogeography* 32: 905 - 915.
- Steffan-Dewenter I. e Tscharnkte. T., 1999. Effects of habitat isolation on pollinator communities and seed set. *Oecologia*, 121: 432 - 440.
- Steffan-Dewenter, I., Potts, S. e Packer, L., 2005. Pollinator diversity and crop pollination services are at risk. *Trends in Ecology Evolution*, 20: 1 - 2.
- Stephens, D., e Krebs, J., 1986. *Foraging Theory*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey
- SteVan-Dewenter, I., Kuhn, A., 2003. Honeybee foraging in differentially structured landscapes. *Proceedings Royal Society London, Biological Sciences*, 270: 569 - 575.
- Tautz, J. e Sandeman, D., 2003. Recruitment of honeybees to non-scented food sources. *Journal of Comparative Physiology A*, 189: 293 - 300.
- Tautz, J., Maier, S., Groh, C., Rossler, W. e Brockmann, A., 2003. Behavioral performance in adult honey bees is influenced by the temperature experienced during their pupal development. *PNAS*, 100: 7343 - 7347.
- Thom, C., Seeley, T. e Tautz, J., 2000. *Apidologie*, 31: 737 - 738.
- Tilman, D., Reich P.B., Knops J., Wedin D., Mielke T. (2001) Diversity and productivity in a long-term grassland experiment, *Science* 294: 843–845.
- Tinbergen, N., 1932. Über die Orientierung des Bienenwolfes (*Philanthus triangulum*). *Zeitschrift für vergleichende Physiologie*, 16: 305 - 334.
- Tscharnkte T., Klein A., Kruess A., Steffan- Dewenter, I. e Thies, C., 2005. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management, *Ecology Letter*, 8: 857 - 874.
- Tucker, C., Townshend, J. e Goff, T., 1985. African land-cover classification using satellite data. *Science*, 227: 369 - 375.
- Tuell, J., Fiedler, A., Landis, D. e Isaacs, R., 2008. Visitation by wild and managed bees (*Hymenoptera: Apoidea*) to eastern US native plants for use in conservation programs. *Environment Entomology*, 37: 707 - 718.

- Turner, R., Paavola, J., Cooper, P., Farber, S., Jessamy, V. e Georgiou, S., 2003. Valuing nature: lessons learned and future research directions. *Ecological Economics*, 46: 493 - 510.
- Tylianakis, J., Klein, A. e Tscharntke, T., 2005. Spatiotemporal variation in the diversity of Hymenoptera across a tropical habitat gradient. *Ecology*, 86: 3296 - 3302.
- vanEngelsdorp, D. e Meixner, M., 2010. A historical review of managed honey bee populations in Europe and the United States and the factors that may affect them. *Journal of Invertebrate Pathology*, 103: 80 - 95.
- vanEngelsdorp, D., Hayes Jr., Underwood, R., e Pettis, J., 2008. A Survey of Honey Bee Colony Losses in the U.S., Fall 2007 to Spring 2008. *Plos One* 3.
- vanEngelsdorp, D., Underwood, R., Caron, D., e Hayes, J., 2007. An estimate of managed colony losses in the winter of 2006–2007: A report commissioned by the Apiary Inspectors of America. *American Bee Journal*, 147, 599 - 603.
- vanIersel, J., e van den Assem, J., 1964. Aspects of orientation in the diggerwasp *Bembix rostrata*. *Animal Behaviour*, Supplement 1: 145 - 162.
- Vázquez, D., Morris, W., e Jordano, P., 2005. Interaction frequency as a surrogate for the total effect of animal mutualists on plants. *Ecology Letter*, 8: 1088 - 1094.
- Visscher, P., e Seeley, T., 1982. Foraging strategy of honey bee colonies in a temperate deciduous forest. *Ecology*, 63: 1790 - 1801.
- Visser, M., e Both, C., 2005. Shifts in phenology due to global climate change: The need for a yardstick. *Proceedings of the Royal Society of London-Series B*, 272: 2561 - 2569.
- vonFrisch, K., 1967. *The Dance Language and Orientation of Bees*. Cambridge, Massachusetts: Belknap Press of Harvard University Press.
- Voorhies, E., Todd, F., e Galbraith, J., 1933. Economic aspects of the Bee industry. *University of California College Agricultural Bulletin*, 555: 1 - 117.
- Vulliamy, B., Potts, S. e Willmer, P., 2006. The effects of cattle grazing on plant-pollinator communities in a fragmented Mediterranean landscape. *Oikos*, 114: 529 - 543.
- Waddington, K., 1982. Honey bee foraging profitability and round dance correlates. *Journal of Comparative Physiology*, 148: 297 - 301.
- Wahl, O. e Ulm, K., 1983. Influence of Pollen Feeding and Physiological Condition on Pesticide Sensitivity of the Honey Bee *Apis mellifera carnica*. *Oecologia* 59: 106 - 128.
- Wainselboim, A. e Farina, W., 2003. Trophallaxis in honeybees, *Apis mellifera* (L.), as related to their past experience at the food source. *Animal Behaviour*, 66: 791 - 795.
- Waser, N., Chittka, L., Price, M., Williams, N. e Ollerton, J., 1996. Generalization in pollination systems and why it matters. *Ecology* 77: 1043 - 1060.
- Wehner, R., 1981. Spatial vision in arthropods. *Handbook of Sensory Physiology* Volume VII/6C: 287 - 616.

- Wei, C. e Dyer, F., 2009. Investing in learning: why do honeybees, *Apis mellifera*, vary the durations of learning flights? *Animal Behaviour*, 77: 1165 - 1177.
- Wei, C., Rafalko, S. e Dyer, F., 2002. Deciding to learn: modulation of learning flights in honeybees, *Apis mellifera*. *Journal of Comparative Physiology A*, 188: 725 - 737.
- Weiss, K., 1962. *Zeitschrift Bienenforschung* 6, 104 - 114.
- Weiss, S., Murphy, D. e White, R., 1988. Sun, slope, and butterflies: Topographic determinants of habitat quality for *Euphydryas editha*. *Ecology*, 69: 1486 - 1496.
- Weiss, S., Murphy, D., Ehrlich, P. e Metzler, C., 1993. Adult emergence phenology in checkerspot butterflies: the effects of macroclimate, topoclimate, and population history. *Oecologia*, 96: 261 - 270.
- Westerkamp, C. e Gottsberger, G., 2000. Diversity pays in crop pollination. *Crop Science*, 40: 1209 - 1222.
- Westphal, C., Steffan-Dewenter, I. e Tschardtke, T., 2003. Mass flowering crops enhance pollinator densities at a landscape scale. *Ecology Letter*, 6: 961 - 965.
- Westphal, C., Steffan-Dewenter, I. e Tschardtke, T., 2009. Mass flowering oilseed rape improves early colony growth but not sexual reproduction of bumblebees, *Journal of Applied Ecology*, 46: 187 - 193.
- Westrich, P., 1989. *Die Wildbienen Baden-Württembergs*. Stuttgart, Ulmer.
- Westrich, P., 1996. Habitat requirements of central European bees and the problems of partial habitats. *The conservation of bees*, Academic Press, London.
- White, J., 1992. *Honey, The Hive and the Honey Bee*. Hamilton, Illinois: Dadant & Sons.
- Wiklund, C. e Fagerström, T., 1977. Why do males emerge before females? A hypothesis to explain the incidence of protandry in butterflies. *Oecologia*, 31: 153 - 158.
- Williams, G., Sampson, M., Shutler, D. e Rogers, R., 2008. Does fumagillin control the recently detected invasive parasite *Nosema ceranae* in western honey bees (*Apis mellifera*)? *Journal of Invertebrate Pathology*, 99: 342 - 344.
- Williams, I., 1994. The dependence of crop production within the European Union on pollination by honey bees. *Agricultural Zoology*, 6: 229 - 257.
- Williams, P. e Osborne, J., 2009. Bumblebee vulnerability and conservation worldwide. *Apidologie* 40: 367 - 387.
- Willmer, P. e Stone, G., 2004. Behavioral, ecological, and physiological determinants of the activity patterns of bees. *Advanced Study Behavior*, 34: 347 - 466.
- Winfree, R., 2010. The conservation and restoration of wild bees. *Year in Ecology and Conservation Biology*, 1195: 169 - 197.
- Winfree, R., Gross, B. e Kremen, C., 2011. Valuing pollination services to agriculture. *Ecological Economics*, 10: 10 - 16.
- Winfree, R., Williams, N., Dushoff, J. e Kremen, C., 2007. Native bees provide insurance against ongoing honey bee losses. *Ecology Letter*, 10: 1105 - 1113.

- Wonjung, K., Giletb, T. e Bush, J., 2011. Optimal concentrations in nectar feeding. PNAS, 108: 618 - 621.
- Wooton, D., 2010. Bee Keeping, A Novices Guide. Ashford Colour Press, Ltd., Great Britain. 129 pp.
- Worner, S., Tatchell, G. e Woiwod, I., 1995. Predicting spring migration of the damsonhop aphid *Phorodon humuli* (Homoptera: Aphididae) from historical records of hostplant flowering phenology and weather. Journal of Applied Ecology, 32: 17 - 28.
- Wratten, S., Gillespie, M., Decourtye, A., Mader, E. e Desneux, N., 2012. Pollinator habitat enhancement - Benefits to other ecosystem services. Agriculture, Ecosystems and Environment, 159: 112 - 122.
- Zeil, J., 1993. Orientation flights of solitary wasps (Cerceris; Sphecidae; Hymenoptera) - Similarities between orientation and return flights and the use of motion parallax. Journal of Comparative Physiology A, 172: 207 - 222.
- Zhou, X., Harrington, R., Woiwod, I., Perry, J., Bale. J. e Clark, S., 1995. Effects of temperature on aphid phenology. Global Change Biology 1: 303 - 313.
- Zhou, X., Harrington, R., Woiwod, I., Perry, J., Clark, S. e Bale, J., 1996. Impact of climate change on aphid flight phenology. Aspects of Applied Biology, 45: 299 - 305.